

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕРАБОТКИ

К. Я. МОТОВИЛОВ

**НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ПРОДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА ПОВЫШЕННОЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Монография

Новосибирск 2016

УДК 633.2/.4.003:001.895+636:001.895

ББК 42.2:40.06

М 854

Рецензенты: *Н. Н. Наплекова*, д-р. биол. наук, проф., засл. деятель науки РФ, действительный член Академии аграрного образования РФ и международной Аграрной академии (Новосибирский ГАУ);
В. А. Реймер, д-р. с.-х. наук, проф., засл. работник АПК РФ (Новосибирский ГАУ);
А. Ф. Алейников, д-р. техн. наук, проф., засл. изобретатель РФ, чл.-кор. РАН, действительный член МАИ (ФГБНУ СибФТИ)

Мотовилов К. Я.

М 854 **Нанобиотехнологии в производстве продуктов птицеводства повышенной экологической безопасности:** монография / РАН. СибНИТИП. Новосиб. гос. аграр. ун-т; К. Я. Мотовилов, – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2016. – 315 с.

ISBN 978-5-94477-180-3

В монографии рассмотрены результаты научных исследований автора и его научной школы, полученные за последние 25 лет, по механизму действия элементов нанобиотехнологий при производстве экопродуктов птицеводства.

Монография предназначена для руководителей и специалистов предприятий, научных сотрудников в области птицеводства, преподавателей вузов и колледжей, студентов и всех, кто интересуется проблемами применения элементов нанобиотехнологий в птицеводстве.

УДК 633.2/.4.003.001.895+636:001.895

ББК 42.2:40.06

Утверждена и рекомендована к изданию ученым советом биолого-технологического факультета Новосибирского ГАУ (протокол № 11 от 09.12.2015 г) и ученым советом СибНИТИП (протокол № 4 от 28.09.2015 г.).

ISBN 978-5-97744-180-3

© НГАУ, 2016

© РАН СибНИТИП, 2016

© Мотовилов К. Я., 2016

ВВЕДЕНИЕ

В связи с введением запрета на поставку в Россию продовольственных товаров Президентом России В.В. Путиным поставлена задача: «В ближайшие 4–5 лет мы должны полностью обеспечить свою независимость по всем видам продовольствия, а затем Россия должна стать крупнейшим в мире поставщиком продуктов питания».

Одной из главных проблем, стоящих перед работниками АПК в условиях рыночной экономики, является обеспечение населения необходимыми продуктами питания в соответствии с физиологическими потребностями, т.е. надо решить проблему продовольственной безопасности в стране.

По сравнению с другими отраслями птицеводство сохранило и даже увеличило объемы производства по сравнению с 1990 г. за счет увеличения поголовья и продуктивности птицы. Большая заслуга в достижении таких результатов принадлежит академику РАН Владимиру Ивановичу Фисину, коллективу ВНИТИП, Росптицесоюзу и региональным организациям.

Для дальнейшего увеличения производства птицеводческой продукции необходимо наряду с созданием новых высокопродуктивных кроссов птицы, совершенствованием кормовой базы и рационов питания изыскивать новые пути получения экологичной продукции с использованием отечественных кормовых нанодобавок и биологически активных веществ.

Эффект таких добавок обусловлен их регулирующим влиянием на интенсивность процессов переваривания и биоконверсии питательных веществ корма, что создает возможность целенаправленного управления этими процессами.

В ЕС, США, Японии и других странах запрещено использовать в кормлении животных и птицы ГМО, антибиотики и другие препараты. Разработана программа получения экопродуктов [101].

За последние годы учеными научно-образовательно-производственного комплекса «Сибагροстандарт», СибНИТИП и НГАУ, КрасНИИЖ проведены глубокие системные исследования по использованию элементов нанобиотехнологий в биоконверсии различных видов пробиотических, пребиотических и синбиотических препаратов и их использованию в рационах сельскохозяйственной птицы, что оказывает положительное влияние на процессы пищеварения и повышает усвояемость кормов благодаря наличию в них легкоусвояемых форм биологически активных веществ, крайне необходимых организму, и получению экопродуктов.

Целью настоящей работы является обобщение собственных исследований производства экопродуктов птицеводства: яиц и мяса, комплексная оценка влияния различных факторов на продуктивность и здоровье птицы при использовании элементов нанобиотехнологий.

В разработку уникальной ресурсосберегающей экологически безопасной нанобиотехнологии производства экологичной продукции птицеводства большой вклад внесли ученые и преподаватели моей научной школы.

Следует также отметить значимое участие в разработке данной технологии ученых СибНИТИП кандидата технических наук В.В. Аксёнова, доктора технических наук О.К. Мотовилов, специалиста птицефабрики «Бердская» кандидата сельскохозяйственных наук В.П. Чебакова и др.



БОКОВА
Татьяна Ивановна,
д-р наук



ХАУСТОВ
Владимир Николаевич,
д-р наук



ЛАНЦЕВА
Надежда Николаевна,
д-р наук



ИВАНОВА
Ольга Валерьевна,
д-р наук



БОЧКАРЕВА
Ирина Ивановна,
канд. наук



ГОРОДОК
Ольга Александровна,
канд. наук



КРОПАЧЕВ
Дмитрий Валерьевич,
канд. наук



СУХОРУКОВ
Евгений Геннадьевич,
канд. наук



БИРЮКОВА
Диана Юрьевна,
канд. наук



ШВЫДКОВ
Александр Николаевич,
канд. наук



ЛЕБЕДЕВА
Ольга Викторовна,
канд. наук



РАСТОПШИНА
Лариса Викторовна,
канд. наук



КАЛЮЖНОВ
Владимир Трофимович
(1937–2007)

Монография посвящается моему учителю – Калюжнову Владимиру Трофимовичу, заслуженному деятелю науки РФ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, члену Всемирной ассоциации птицеводов. Он является автором более 130 научных работ, одним из организаторов промышленного птицеводства Сибири. Им подготовлено 12 докторов и кандидатов наук. Под его руководством разработаны новые технологии производства яиц и мяса птицы, выведены высокопродуктивные линии мясояичных кур для использования в частном секторе, создана линия кур, отселекционированная на низкопротеиновых рационах, изучены и внедрены в производство местные минеральные источники: известняки, цеолиты, сапропели и кудюриты и т. д.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аденозиндифосфат (АДФ) – нуклеотид, состоящий из азотистого основания – аденина, сахара – рибозы и двух остатков фосфорной кислоты. Образуется в результате переноса концевой фосфатной группы АТФ, участвует в энергетическом обмене во всех живых организмах.

Аденозинтрифосфат (АТФ) – нуклеотид, состоящий из азотистого основания – аденина, сахара – рибозы и трёх остатков фосфорной кислоты. Универсальный переносчик и основной аккумулятор химической энергии в живых клетках.

Биогеоценоз – природная система, где функционально взаимосвязаны биоценоз и геотоп.

Биоконверсия крахмала – гидролиз крахмала с применением амилалитических ферментов.

Биомакромолекулы – молекулы биополимеров (нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов).

Биосфера – оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.

Биота – сложившийся естественным путём комплекс живых организмов, обитающий на какой-то крупной территории, изолированной естественными барьерами (например, геологическими структурами).

Биотоп – относительно однородное по абиотическим факторам пространство, занятое биоценозом.

Биоценоз – совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши и водоёма.

Геотоп – сравнительно однородный по составу, геологическим и физико-географическим условиям развития

трёхмерный блок зоны минерального питания растений. В экологическом смысле геотоп – субстрат (опорный экологический компонент) природных систем.

Гидролиз крахмала – каталитическая реакция деструкции полисахаридов крахмала с присоединением молекулы воды по месту разрыва глюкозидных связей.

ГМАКД – глюкозо-мальтозо-аминокислотная кормовая добавка.

Зона минерального питания (ЗМП) – комплекс горных пород, составляющий приповерхностную часть литосферы. Является продуктом взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Характерной чертой её являются геохимические и биогеохимические реакции, обеспечивающие подготовку минеральной пищи растений.

Ионизация – процесс, в результате которого вода приобретает большой отрицательный потенциал и становится низкомолекулярной.

Иониты – вещества, способные к ионному обмену. Подразделяются на катиониты и аниониты. Катиониты обладают способностью обменивать ионы водорода и другие положительные ионы (катионы) металлов. Аниониты способны обменивать гидроксильные ионы (или другие отрицательные ионы, содержащиеся в растворе).

Ионы – электрически заряженные частицы, образующиеся при потере или приобретении электронов атомами или группой атомов. Положительно заряженные ионы называются катионами, отрицательно заряженные – анионами.

Кавитация – процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся гидравлическими ударами с обра-

зованием кавитационных пузырьков. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением, кавитационный пузырек схлопывается, образуя при этом ударную волну.

Клейстеризация крахмала – набухание и частичное растворение крахмальных зерен при нагревании в воде.

Крахмал – природный углевод, накапливаемый в клетках растений в виде крахмальных зерен. Общая формула $(C_6H_{10}O_5)_n H_2O$.

Крахмалопродукты – продукты, получаемые обработкой или переработкой крахмала. К этой группе относятся: модифицированные крахмалы, глюкоза, патоки, сиропы, мальтодекстрины и т.д.

Кудюрит – минеральное вещество кудюров, составляющее минеральную пищу животных – литофагов.

Кудюры – места, посещаемые животными с целью поедания минерального вещества – кудюритов.

Литофагия («литос» – камень; «фагос» – пожирание) – камнеедение. Явление, чрезвычайно широко распространённое в природе. Литофаги – все травоядные и всеядные животные: лошади, коровы, олени, яки, козы, бараны, свиньи.

Меласса – побочный продукт при производстве сахара, отделяемый при центрифугировании утфеля последней кристаллизации.

Метаболизм – обмен веществ.

Мониторинг – слежение за процессами, явлениями; геомониторинг – слежение за изменением геологической среды.

Нанобактерии (нанобы) – самые маленькие микроорганизмы сферической формы, диаметр которых от 20 до 150 нанометров, впервые открытые в конце XX в.

Нанобиокомплексы – сложные биологические структуры надмолекулярного (субклеточного) уровня орга-

низации жизни (клеточная мембрана, субъединица рибосомы и т.п.).

Нанобиотехнологии – раздел в нанотехнологиях, посвященный изучению воздействия наночастиц на живые системы, а также разработке способов применения биологических наноструктур и нанопроцессов в медицине, экологии, сельском хозяйстве и других отраслях производства. Область науки на стыке биологии и нанотехнологии. Этот термин используют как в случаях применения нанотехнологических устройств и наноматериалов в биотехнологии, так и при использовании биологических молекул для нанотехнологических целей.

Нанокompозитные материалы – наноматериалы, сформированные двумя и более веществами (структурами), например, нанокompозитный материал, получаемый из биологической мембраны и вирусов.

Наноконтейнеры – полые веретенообразные капсулы из белковых молекул, предназначенные для доставки лекарств, ДНК, РНК.

Нанолитография (нанопечать) – методика получения большого количества биологических мембран; в качестве «чернил» используются липиды, которые с помощью атомно-силового микроскопа наносятся на стекло или кремниевую пластинку.

Нанометр – одна миллиардная часть метра (10^{-9} м).

Нанопроцессы – процессы, в которые вовлекаются наноструктуры (наночастицы).

Наносомы (мицеллы) – мельчайшие сферы, состоящие из липидов, но не имеющие, в отличие от липосом, внутренней полости; от внешней среды наносомы отделены однослойной липидной стенкой.

Наноструктуры – объекты, размеры которых лежат в диапазоне от 1 до 100 нанометров (нм).

Нанотехнология – процесс создания новых веществ или материалов путем манипуляции атомами или частицами менее одной миллиардной доли метра (10^{-9} м).

Нанотрубки – липидно-белковые структуры; глобулярный белок тубулин образует остов нанотрубок, который покрывается липидным биослоем; последний, в свою очередь, окружается снаружи кольцами или спиралями из тубулина.

Наночастицы небиогенной природы (минералы) – могут быть носителями биомакромолекул, предназначенных для целевого воздействия на биологические объекты.

Наноявления – явления живой природы, протекающие с участием наноструктур.

Немембранные органоиды – органоиды, которые не имеют в своём составе элементарной биологической мембраны.

Нуклеоид – зона цитоплазмы прокариот, содержащая одну кольцевидную молекулу ДНК.

Обменная энергия (ОЭ) – доля общей, физиологически связанной энергии, которая используется в организме животного, если не учитывать энергию, выделяющуюся с калом, мочой и метаном. Это мера содержания энергии и энергетической потребности животных. Измеряется обычно в мегаджоулях (МДж).

Орган – анатомически оформленная и функционально специализированная часть организма; элементами органов могут быть клетки, межклеточное вещество, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы.

Организм – целостная живая система, являющаяся реальным носителем жизни, характеризующаяся всеми фундаментальными свойствами и проявлениями жизни.

Осахаривание крахмала – заключительная стадия гидролиза крахмала с получением гидролизата заданного состава.

Патока – сахаристый продукт, получаемый осахариванием (гидролизом) крахмала (главным образом картофельного и маисового) разбавленными кислотами или ферментами с последующим фильтрованием и увариванием сиропа.

Разжижение крахмала – начальная стадия гидролиза крахмала с образованием декстринов, характеризующаяся резким снижением вязкости крахмального клейстера.

Сухое вещество (СВ) – часть корма, которая остаётся после высушивания до постоянной массы (при 105°C). Количество сухого вещества в корме или рационе – важный комплексный показатель питательности и энергетической ценности кормов.

Сырая зола (СЗ) – минеральные вещества, которые остаются после сгорания корма (озоление при 550°C).

Сырая клетчатка (СК) – нерастворимые в кислоте и щелочи инкрустирующие вещества (целлюлоза и др.). Сырую клетчатку могут использовать в больших количествах только жвачные животные.

Сырой протеин (СП) – характеризует содержание азота в корме, количество которого определяется умножением на 6,25 (протеин содержит в среднем 16% азота).

Ферментация – процесс расщепления органических веществ под действием ферментов.

Ферменты – биологические катализаторы, ускоряющие биохимические реакции по превращению сложных питательных веществ в простые соединения: сахара, аминокислоты.

Фракционирование крахмала – разделение полисахаридов крахмала на амилозу и амилопектин.

Ценоз – сообщество: фитоценоз – растений, зооценоз – животных и т. д.

Цеолиты – минералы, водные алюмосиликаты щелочей и щелочных земель. Обладают способностью к обмену ионами и сорбции молекул. Нашли применение в промышленности для очищения от вредных веществ дымов, жидких стоков, в сельском хозяйстве для мелиорации почв, подкормки домашних животных и т. д. Из минералов цеолитовой группы в работе чаще других упоминаются гейландит и клиноптилолит, свойства которых наиболее хорошо изучены (их месторождения открыты и эксплуатируются в Сибири и на Дальнем Востоке).

Экологическая геология (экогеология) – наука о геологической среде как опорном экологическом компоненте (субстрате) экологических систем.

Экология – наука о взаимоотношениях живой и неживой природы.

1. НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ

Термин «нанотехнология» впервые ввел японский ученый Норио Танигути в конце 60-х гг. XX в. Под нанотехнологиями он предложил понимать процесс создания новых веществ или материалов путем манипуляции атомами или частицами менее одной миллиардной доли метра (10^{-9} м).

Нанобиотехнология – это область науки на стыке биологии и нанотехнологии. Обычно этот термин используют при применении нанотехнологических устройств и наноматериалов в биотехнологии и при использовании биологических молекул для нанотехнологических целей. Размеры нанобиологических макромолекул (ДНК, РНК), ферментов, антител находятся в пределах диапазона наномасштаба. Наночастицы, которые представляют собой комплекс биогенных и небиогенных наноконструктивных элементов, являются по своей природе универсальными. Результаты разработок в области нанобиотехнологий нашли практическое применение в медицине, пищевой промышленности и т.д.

В настоящее время нанобиотехнология имеет пять направлений:

1. Измельчение продукта до наночастиц.
2. Создание различных нанодобавок.
3. Наночистота для улучшения качества продукции.
4. Биосенсоры для контроля качества пищевых продуктов.
5. Пищевая упаковка нового поколения.

С развитием нанобиотехнологии открыто новое направление медицинской науки – молекулярная наномедицина, развитие которой тесно связано с революционными достижениями геномики и протеомики, позволяющими

создать материалы с новыми свойствами на нанометрическом уровне.

Определяющими структурами молекулярного уровня организации животных являются молекулы биополимеров (биомакромолекулы). Они включают молекулы кислот, белков и полисахаридов. Эти молекулы обладают свойством формирования более крупных по размеру надмолекулярных биологических структур (наноконплексов). Последние образуются:

- макромолекулами белков, нуклеиновых кислот, углеводов и их комбинациями (сложные белки, нуклеопротеиды и др.);

- регуляторными молекулами (гормоны, ферменты, медиаторы, разнообразные биологически активные вещества);

- молекулами воды, липидов и других веществ;

- ионами;

- атомно-молекулярными комплексами, состоящими из неразрывно связанных ионов и молекул воды, а также молекул всех перечисленных выше органических веществ в клетке.

Наноструктуры не просто меньше всего, что создал человек, они являются наименьшими твёрдыми материалами, которые можно произвести (выделить) и с которыми можно осуществить манипуляции. Наномасштаб уникален, поскольку фундаментальные свойства элементов зависят от их размера в такой степени, в какой не зависят ни при одном другом масштабе. На молекулярном уровне возникают новые физические и химические свойства, определяемые поведением атомов, молекул и наноконплексов.

Разработки ученых и описание функционирования генома человека, молекулярных механизмов клеточных

процессов обеспечивают основу для существенного повышения информативности диагностики.

Начальным (наиболее глубинным) уровнем организации живого является молекулярный. Структурно-функциональной единицей уровня является биомолекула, или молекула биополимера (молекула нуклеиновой кислоты, белка, полисахарида). На этом уровне осуществляются важнейшие процессы жизнедеятельности: хранение и передача наследственной информации, обмен веществ и энергии, дыхание и др. Из биомолекул формируются надмолекулярные структуры.

Живые организмы производят нанотехнологические операции на протяжении более 4 млрд лет. Живая клетка использует ДНК, РНК и белки, чтобы строить клеточные структуры нанометровых размеров. Молекулы белка – самые распространённые наноструктуры живых систем. Именно этим свойством пользуются нанобиотехнологии при создании искусственных наноконструкций. Разработка этой проблемы существенно ускоряет создание наноконструкций из белка с использованием молекул ДНК и РНК.

К биологическим наноструктурам можно отнести, например, молекулы белков, размеры которых варьируют в пределах от 4 до 50 нм. Размеры строительных блоков белков – аминокислот – составляют около 1 нм. Молекула ДНК, имеющая толщину 1–2 нм, несомненно, также является наноструктурой, несмотря на то, что её длина достигает нескольких миллиметров. Из живых организмов к нанобиомиру можно отнести только неклеточные формы жизни – вирусы. Размеры последних колеблются в пределах 10–200 нм.

В технологиях создания наночастиц существуют два принципиально разных подхода к обработке вещества:

– «сверху вниз», т.е. уменьшение размеров физических тел механической или иной обработкой до объектов с нанометровыми размерами;

– «снизу вверх», т.е. сборка создаваемого более крупного нанообъекта из элементов «низшего порядка» (атомов, молекул, структурных фрагментов биологических клеток и т.п.).

За последние годы проводятся многочисленные исследования по изучению нанотехнологий применительно к биологическим наукам: микро- и макробиологическим. Проведение исследований в данном направлении является актуальным. Необходимо разрабатывать методологические вопросы по терминологии, систематизации нанотехнологий биологической направленности [91].

Задачи нанотехнологий в птицеводстве:

1. Изучение возможностей применения наночастиц в качестве новых наноматериалов в птицеводстве – сорбентов для выведения из организма или удаления с его поверхности нежелательных и токсичных соединений (продуктов метаболизма, тяжёлых металлов, радионуклидов, ксенобиотиков).

2. Изучение механизмов транспорта через биологические мембраны с применением наночастиц и создание нанотехнологий, направленных на их доставку.

3. Разработка и создание на основе нанобиочастиц нанотехнологий и наноматериалов для последующего производства кормовых добавок.

4. Разработка самопроизводящихся систем на основе биоаналогов – бактерий, простейших.

5. Изучение влияния наночастиц на сложноорганизованные биологические системы.

6. Разработка на основе нанобиотехнологий кормовых добавок.

В табл. 1 приведены наноразмеры некоторых соединений [96].

Таблица 1

Размеры биологических нанообъектов

Типы	Объект	d, нм
Аминокислоты	Глицин (наименьшая аминокислота)	0,42
	Триптофан (наибольшая аминокислота)	0,67
Нуклеотиды	Цитидинмонофосфат (наименьший нуклеотид ДНК)	0,81
	Гуанозинмонофосфат (наибольший нуклеотид ДНК)	0,86
	Аденозинтрифосфат (АТФ)	0,95
Другие молекулы	Стеариновая кислота $C_{17}H_{35}COOH$	0,87
	Хлорофилл растений	1,1
Белки	Инсулин	2,2
	Гемоглобин	4,8
	Альбумин	4,9
	Эластин	5,0
	Фибриноген	10
	Белок – переносчик холестерина	20
Другие частицы	Рибосома	20–30
	Вирус гриппа	60
Простые молекулы		«1,0

Перспективной является разработка методов и способов привнесения искусственных наночастиц различных материалов в живые системы. Данная область представляет собой разработку различных технологий и транспортных средств, которые будут доставляться посредством этих технологий в необходимый орган птицы.

Области применения современных нанотехнологий весьма многообразны и, несомненно, перспективны. В первую очередь это относится к целенаправленному созданию продуктов нового поколения на основе частиц высокой дисперсности и узкого фракционного состава.

Для создания наноструктур в каждой отдельной отрасли существуют различные возможности. Рекоменду-

ются два основных принципа: от большого к малому, что означает последовательное уменьшение структурных размеров от макро- до микро- и нанообластей; второй принцип – это построение наноструктур из атомов и молекул.

Если при уменьшении объёма какого-либо вещества до размеров нанометрового масштаба возникает новое качество или это качество возникает в композиции из таких объектов, то эти образования следует отнести к наноматериалам, а технологии их получения – к нанотехнологиям.

Все природные материалы и системы построены из нанообъектов. Именно в интервале наноразмеров на молекулярном уровне природа программирует основные характеристики веществ, явлений и процессов.

Процессы, в которые вовлекаются наноструктуры (наночастицы), получили название нанопроцессов. Самый главный нанопроцесс в живом организме – биосинтез белка.

Гораздо более древним наноявлением можно считать самовоспроизводство (ауторепликацию) ДНК. Это чрезвычайно сложное явление характеризовало уже первые прокариотические организмы Земли – бактерии, возникшие около 3,5 млрд лет тому назад.

Управляя размерами и формой наноструктур, материалам можно придавать совершенно новые функциональные свойства, резко отличающиеся от характеристик обычных материалов.

Ведущие ученые мирового сообщества считают, что нанотехнология станет стратегическим направлением развития науки и техники, что потребует фундаментальной перестройки существующих производств, а также вызовет глубокие преобразования в организации охраны окружающей среды, окажет положительное влияние на

жизнь, здоровье людей и безопасность продуктов питания в наступившем столетии.

Фундаментальные исследования в области нанотехнологий направлены на познание биологических, химических, физических свойств и явлений наномира. Кроме того, они предусматривают разработку способов комбинирования этих свойств при производстве новых материалов и создании новых технологий. Открытия в области наноисследований уже успешно используются в биотехнологиях, медицине, электронике, транспорте, сельском хозяйстве, охране окружающей среды и других отраслях экономики. Нанотехнологии объединяют последние достижения всех естественных наук, создавая основу новой технологической революции, которая предусматривает переход от работы с веществом к манипуляциям с отдельными атомами, молекулами и их комплексами.

Нобелевский лауреат Хорст Штормер заявил, что прорыв в будущее могут обеспечить нанотехнологии. Сочетание уже известных нам методов «от большого к малому» с самосборкой на атомном уровне создает огромное поле возможностей для работы с химическими и биологическими свойствами при использовании специально полученных искусственных структур.

Поэтому нанотехнологии в последние годы стали рассматриваться не только как наиболее обещающие ветви высокой технологии, но и как системообразующий фактор экономики XXI в. – экономики, основанной на знаниях, а не на использовании природных ресурсов.

Таким образом, учитывая важность данной проблемы, нами сделана попытка расширить исследования по применению нанобиотехнологий в птицеводстве с целью увеличения производства сельскохозяйственной продукции и улучшения её качества и экологической безопасности.

Нами была поставлена цель: получить экологичные продукты птицеводства – яйца и мясо птицы, применяя нанобиотехнологии по принципу «от большого к малому» – от полисахаридов к моносахарам, глюкозе и мальтозе, от белков к аминокислотам, а также используя для этой цели пробиотические, пребиотические и синбиотические препараты.

2. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПТИЦЕВОДСТВА

Мировое производство мяса птицы в мире растет быстрыми темпами. Так, его объемы увеличились с 91,8 млн т в 2008 г. до 92,3 в 2009 г., на 2015 г. ожидается 107,5 млн т (табл. 2).

Таблица 2

**Мировое производство млн и потребление мяса птицы
(до 2019 г.)**

Показатели	2005 г.	2010 г.	2015 г. (прогноз)	2019 г. (прогноз)
Производство	81,2	94,2	107,56	117,85
Экспорт	8,54	10,27	11,79	13,17
Импорт	8,01	9,33	10,36	11,38
Потребление на душу населения, кг	12,72	13,64	14,56	15,3

В табл. 3 приведены общие объемы производства по регионам. В основном они повторяют общую тенденцию. Увеличение на 2,5 % в 2010 г. по сравнению с 2009 г. приблизительно равномерно распределено между регионами.

В связи с мировым финансовым кризисом 2008–2009 гг. наблюдалось замедление темпов роста объемов производства мяса птицы, особенно в странах Северной Америки – с 21,4 до 20,6 млн т, примерно на одном уровне были страны Латинской Америки (19,0 и 19,1 млн т).

Таблица 3

Мировое производство мяса птицы в разрезе регионов, млн т

Регион	2000 г.	2005 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Азиатско-Тихоокеанский	23,9	28,7	32,6	33,1	34,0
Северная Америка	17,5	20,3	21,4	20,6	20,9
Латинская Америка	12,1	15,6	19,0	19,1	19,8
Европа	11,9	13,1	14,4	15,4	15,8
Африка	3,0	3,5	3,7	3,7	3,7
В мире	68,4	81,2	91,1	91,9	94,2

Наиболее высоким уровнем производства мяса птицы отличались страны Европы, где их объемы имели выраженную тенденцию к росту – с 14,4 до 15,5 млн т; в странах Азиатско-Тихоокеанского региона – с 32,6 до 33,1 млн т. Восстановление этих объемов ожидалось более значительным, причем замедление произошло, прежде всего, за счет удорожания кормов примерно в середине года, когда стала наблюдаться тенденция к заметному росту цен на зерно. Что касается стран Африканского континента, то производство мяса птицы за период 2008–2013 гг. оставалось на одном уровне и составляло 3,7 млн т.

Устойчивое производство мяса птицы ожидается в развитых странах с небольшим ростом в ЕС и снижением производства в США. В России прогнозируется увеличение производства на 6% в связи с несколькими инвестиционными проектами. Бразилия и Мексика также смогут зафиксировать увеличение производства мяса птицы на 3 и 2% соответственно.

Ожидаемые объемы производства мяса птицы в 2015 г. составят 107,56 млн т, а к 2019 г. – 117,85, что почти в 1,1 раза больше. В то же время отмечается неуклонный рост экспорта и импорта. В 2019 г. он в 1,6 и 1,4 раза соответственно превысит уровень 2005 г. Возрастет и уровень потребления мяса птицы (на душу населения): с 12,72 кг (2005 г.) до 15,3 (2019 г.), т.е. в 1,2 раза.

Специалистами ожидаются изменения в отношении импорта. Мировыми лидерами по поставкам мяса птицы в последние годы являются страны Ближнего Востока и Северной Африки. Ожидается дальнейший рост импорта этими странами. Рост экспорта птицы Бразилией может достичь за этот период 35 %. Для Китая с более низким стартовым уровнем рост к 2019 г. может достичь 46 %, а для Таиланда – 59 %.

Наибольшую удельную долю в общем объеме потребления мяса птицы занимает мясо бройлеров (табл. 4).

Таблица 4

Потребление мяса бройлеров на душу населения в год, кг

Страна	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2019 г.
Австралия	23,9	23,8	32,3	34,2	35,6
Бразилия	28,7	34,4	38,5	38,8	38,7
Канада	28,1	29,5	29,0	30,6	31,2
Китай (материковый)	7,4	7,7	9,3	10,4	11,1
Гонконг	34,7	38,6	37,9	39,3	40,3
ЕС (27 стран)	15,3	16,5	17,7	18,1	18,5
Индия	1,1	1,7	2,2	2,3	2,4
Япония	14,0	14,7	15,4	15,7	15,8
Мексика	21,4	26,7	29,6	31,3	33,0
Россия	9,0	15,1	19,7		23,5
ЮАР	16,9	16,9	17,1	17,8	34,6
Таиланд	12,3	12,3	13,3	13,4	13,9
США	40,6	45,3	43,0	45,0	46,3

Из данных табл. 4 видно, что наибольший уровень его потребления имеют США – 43,0 кг, Гонконг – 37,9, Бразилия – 38,5, Австралия – 32,3 кг/год. Потребление мяса птицы в России несколько ниже и составило около 20,0 кг/год. В перспективе до 2019 г. потребление мяса птицы увеличится в среднем в 1,1 раза.

Важнейшим сегментом рынка продукции птицеводства являются яйца куриные пищевые.

В табл. 5 приведены данные, свидетельствующие о том, каким образом изменялись объемы производства

и места в мире по объемам производства яиц в наиболее крупных производящих странах с 1990 по 2009 г. Китай сохранил свое лидирующее положение с 26,6 млн т в 2009 г. По предварительным расчетам, за 2010 г. производство яиц здесь составит 27,1 млн т.

Таблица 5

**Производство яиц в 15 крупнейших производящих странах,
тыс. т**

1990 г.		2000 г.		2010 г.	
страна	тыс. т	страна	тыс. т	страна	тыс. т
Китай	6561	Китай	18912	Китай	23871
СССР	4582	США	4998	США	5340
США	4034	Япония	2335	Индия	3100
Япония	2419	Индия	2015	Япония	2505
Бразилия	1230	Россия	1895	Мексика	2334
Индия	1161	Мексика	1788	Россия	2195
Мексика	1010	Бразилия	1509	Индонезия	1059
Германия	985	Франция	1038	Франция	918
Франция	887	Германия	901	Украина	911
Испания	667	Турция	810	Турция	865
Италия	656	Италия	686	Испания	804
Нидерланды	652	Нидерланды	668	Иран	775
Великобритания	622	Испания	658	Италия	729
Таиланд	449	Индонезия	642	Германия	689
Польша	422	Иран	579	Нидерланды	619

Так как Китай является крупнейшим в мире производителем яиц и отличается по объему их производства примерно вчетверо от этого показателя США, которые находятся на втором месте, неудивительно, что Азия производит больше яиц, чем любой другой регион мира. В Азии содержится около 64% от мирового поголовья несушек. Профессор Ханс-Вильгельм Виндхорст (Hans-Wilhelm Windhorst) отмечает, что с 1990 по 2008 г. производство яиц в Азии выросло на 159%, в значительной мере благодаря увеличению их производства в Восточной Азии.

В Юго-Восточной Азии находятся две из трех азиатских стран (Китай, Япония и Индия), которые произво-

дят 46,1 % от общего количества яиц в мире. Один только Китай произвел 37,5 % от общемирового производства яиц. В Индии имел место самый быстрый рост производства яиц – почти на 224 %. В рассматриваемый период производство яиц в этой стране росло на 1,6 млн т в год.

Одним из важных факторов обеспеченности населения продуктами питания является их производство на одного человека. Показатель потребления яиц на душу населения в некоторых странах довольно высок. Так, за последние годы оно составило, кг/год: Дания – 53,76, Япония – 53,67, Мексика – 50,33, Нидерланды – 49,14, Китай – 47,69, Венгрия – 43,26, Испания – 40,78, Франция – 40,28, США – 39,15, Россия – 39,14.

На российском рынке мяса птицы наблюдается тенденция к наращиванию производственных мощностей и повышению эффективности функционирования предприятий.

Птицеводство и производство мяса птицы в России продолжают оставаться быстро развивающейся и инвестиционно привлекательной отраслью АПК. Основными факторами, способствующими росту показателей внутреннего производства, являются: поддержка государства в рамках программы развития АПК (субсидирование процентной ставки по кредитам, льготное налогообложение, меры таможенно-тарифной политики); рост частных инвестиций; повышение потребительского спроса на мясо птицы и др. [126–129].

В 2014 г. объем внутреннего производства мяса птицы может увеличиться на 20 % при замедлении темпов роста относительно 2007–2010 гг. Доля импорта в ресурсах рынка снизится до 9 %. Потребление мяса птицы будет расти относительно низкими темпами и в 2014 г. превысит уровень 2011 г. на 13 % (с 24,6 кг на душу населения до 27,7).

Увеличение емкости рынка и повышение потребления мяса птицы сдерживается низкой динамикой доходов населения, особенно в дотационных регионах.

Снижение квот на импорт куриного мяса и рост масштабов отечественного производства вызвали заметное обострение конкуренции между ведущими российскими компаниями. Лидеры отрасли усилили экспансию на региональные рынки, стремясь занять ниши, которые освобождаются по мере свертывания поставок зарубежной продукции. При этом основная борьба разворачивается в оптовом звене и идет не столько за «конечного» потребителя, сколько за соответствующую нишу в розничной торговле.

В табл. 6 представлены прогнозные данные развития рынка в хозяйствах всех категорий.

Из данных табл. 6 видно, что производство мяса птицы как в живой, так и в убойной массе, равно как и общие объемы производства, экспорта, импорта и потребления на душу населения (табл. 7), из года в год неуклонно растет.

За последние 5 лет поголовье птицы выросло почти на 110 млн гол., т.е. в 1,3 раза. В 2010 г. оно составляло 467,3 млн гол., что превышает показатель предыдущего года на 4% (см. исследования Abercade «Динамика и состояние поголовья сельскохозяйственных животных в РФ в 2005–2010 гг.»). Положительная динамика наблюдается в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах и ИП.

В хозяйствах населения численность поголовья колеблется: до 2007 г. – рост, с 2007 по 2009 г. – снижение численности, в 2010 г. – резкое увеличение поголовья птицы. Определяющую роль играет динамика поголовья именно в сельскохозяйственных организациях, поскольку на их долю приходится 74% всего поголовья птицы. Этот же показатель в хозяйствах населения составляет 25%,

Таблица 6
Состояние и прогноз развития рынка мяса птиц в хозяйствах всех категорий в Российской Федерации,
тыс. т

Показатель	Год											
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
В живой массе												
Производство мяса птицы	3475	3850	4205	4517	4809	5046	5250	5346	5451	5579	5678	5797
В убойной массе												
Хозяйства всех категорий	2555	2823	3084	3313	3527	3700	3850	3920	3997	4091	4164	4251
Сельхозорганизации	2232	2509	2775	3002	3215	3387	3535	3604	3679	3772	3843	3929
Хозяйства населения, К(Ф)Х	304	297	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
Индивидуальные предприниматели	19	18	19	20	20	21	21	21	22	22	23	23

Таблица 7
Состояние и прогноз производства (тыс. т), экспорта, импорта и потребления мяса на душу населения, кг

Показатель	Год										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Производство	2555	2823	3084	3313	3527	3700	3850	3920	3997	4091	4164
Потребление	3541	3512	3684	3813	3877	3950	4030	4050	4077	4041	3984
Импорт	986	688	600	500	370	290	240	210	180	150	120
Экспорт	6,0	18,5	18,8	19,5	20	40	60	80	100	200	300
Производство, кг/чел.	18,0	19,8	21,5	22,9	25,4	26,8	28,2	28,9	29,6	30,3	31,0
Потребление, кг/чел.	24,9	25,2	25,7	26,4	27,8	28,5	28,5	28,5	28,9	28,9	28,9

а в крестьянских хозяйствах и ИП всего 1 %. Рост поголовья птицы во всех категориях хозяйств объясняется тем, что птицеводство – наиболее рентабельная, быстро окупаемая и требующая меньших инвестиций отрасль животноводства.

Рынок яиц в России в течение последних двух лет демонстрирует динамичное развитие, сохраняя среднегодовой темп роста на уровне 3–4 %.

Больше всего яиц в России производится в Приволжском федеральном округе, на втором месте по производительности находится Центральный ФО, Южный федеральный округ является третьим по объемам выпущенного продукта.

Большой вклад в производство яиц в стране вносят сельскохозяйственные предприятия, в которых содержится больше птицы и производится больше яиц, чем в частных и крестьянских (фермерских) хозяйствах. Крупнейшим российским предприятием по производству яиц является Боровская птицефабрика. Объем выпуска данного предприятия составил 900 млн шт. На втором месте по этому показателю стоит Свердловская птицефабрика (846 млн шт.). Замыкает тройку лидеров «Роскар» (600 млн шт.).

В обозримой перспективе рост производства яиц в стране сохранится, поскольку продолжается рост объемов продаж как в розничном, так и в промышленном секторах.

Помимо производства мяса птицы и яиц птицеперерабатывающая промышленность выпускает широкий ассортимент продуктов переработки. С этой целью используют глубокую переработку. Лидерами в этой области среди товаропроизводителей являются «Элинар-бройлер», «Челны-бройлер», птицефабрика «Зеленецкая» и др. Из всех видов продуктов переработки из мяса пти-

цы наиболее востребованными на рынке являются следующие виды продукции: изделия цельнокусковые – крыло, бедро, голень и пр. (охлажденные, замороженные, готовые к употреблению); изделия из фарша или рубленого мяса – котлетные полуфабрикаты, колбасные изделия, фаршированные части кур; консервы из мяса птицы и паштеты.

В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 03.02.2010 № ВП-П11–561 разработан проект программы «Развитие птицеводства в Российской Федерации на период до 2018–2020 годов».

Целями программы являются обеспечение населения Российской Федерации качественной продукцией отечественного производства в полном объеме и экспорт продукции птицеводства в другие страны.

Выполнение долгосрочной программы по развитию отрасли будет иметь важное значение в реализации концепции государственной политики в области здорового питания, направленной на ликвидацию дефицита животного белка, расширение производства продуктов функционального, диетического и лечебно-профилактического назначения.

3. ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПРОДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА

3.1. Мясо птицы

В состав мяса птицы входят мышечная, жировая и соединительная ткани. Наиболее ценной частью мяса считается мышечная ткань. В зависимости от вида, возраста, породы, способов содержания и откорма птица различается по химическому составу мяса. У самцов количество мышечной ткани всегда больше, чем у самок. У птицы

различают красные и белые мышцы в зависимости от цвета волокон. Мышечные волокна, расположенные на костях конечностей, из-за наличия миоглобина имеют красный цвет. У кур и индеек грудная мышца содержит небольшое количество пучков мышц, окрашенных миоглобином, поэтому мясо, полученное с килевой кости, называют белым [45].

Мышцы состоят из воды и сухого вещества. В среднем соотношение между сухим веществом и водой составляет 1:3. Мышцы богаты белком, углеводами и минеральными веществами. Если переваримость белка яиц принять за 100%, то переваримость мяса птицы составит 80%, говядины – 75, молока – 75, риса – 56, кукурузы – 52%. В зависимости от категории упитанности соотношение между отдельными компонентами мышц изменяется (табл. 8). В мясе молодняка птицы воды содержится больше, а сухого вещества – меньше, чем в мясе взрослой птицы. В видовом отношении жира больше всего в мясе уток и гусей.

Таблица 8

Количество жира и мышц, химический состав средней пробы гомогената мышц, подкожного жира и сальника кур

Возрастная группа птицы	Категория упитанности	Количество жировой ткани, % к массе потрошенной тушки			Масса мышц, % к массе потрошенной тушки	Содержание в гомогенате, %			
		общей	подкожной	сальника		воды	жира	белка	минеральных веществ
Куры	I	11,2	5,9	5,1	44,3	53,7	19,8	19,8	1,0
	II	2,1	1,1	1,1	52,0	70,9	6,8	21,4	0,9
Цыплята	I	4,4	2,2	2,2	52,0	67,5	11,5	19,8	1,2
	II	1,0	0,5	0,5	50,0	72,1	4,0	22,8	1,1

Накопление белка в мышцах в процессе роста птицы происходит до определенного периода, например у кур мясных пород до 45–60-дневного возраста. Питательная ценность мяса птицы зависит не только от количества белка, но и от его качества. Различают саркоплазматические, соединительные и миофибриллярные белки мышц. К саркоплазматическим белкам относятся миоальбумин, миоглобулин, миоген и глобулин Х.

Аминокислотный состав мяса птицы представлен различными аминокислотами. Наибольшее значение из них имеют лизин (8,7%), лейцин (7,8%), изолейцин (3,6%), валин (4,8%) и др. При сравнении качества белка, содержащегося в мясе бройлеров, с белком мяса млекопитающих установлено, что в белке цыплят-бройлеров количество незаменимых аминокислот достигает 92%, в белке свинины – 88, баранины – 73 и говядины – 72%. Содержание неполноценных белков (эластин, коллаген) в мясе птицы составляет 1,5%, в говядине – 3 и свинине – 5%.

Полноценность белков определяется соотношением таких аминокислот, как триптофан и оксипролин. Триптофан находится только в полноценных белках, оксипролин – в белках соединительной ткани. Чем больше отношение триптофана к оксипролину, тем выше биологическая ценность белков мяса. Соотношение триптофана и оксипролина в грудных мышцах бройлеров равно 5–7, а в ножных – 3–8. По отношению триптофана к оксипролину и полноценных белков к неполноценным мясо цыплят-бройлеров превосходит мясо других сельскохозяйственных животных.

Химический состав мяса зависит от возраста, вида и упитанности птицы. Усредненные данные приведены в табл. 9.

Таблица 9

Химический состав мяса кур

Возрастная группа, категория упитанности	Вода, г	Белок, г	Жир, г	Зола, г	Минеральные вещества, мг					Энергетическая ценность, кДж
					Na	K	Ca	Mg	P	
Цыплята-бройлеры										
I категория	69	17,6	12,3	0,8	100	300	10	25	210	766
II категория	73,6	19,7	5,2	0,9	119	350	12	30	250	532
Куры										
I категория	61,9	18,2	18,4	0,8	110	194	16	27	228	1009
II категория	68,9	20,8	8,8	0,9	130	240	20	32	298	691

Питательные и вкусовые достоинства мяса птицы в значительной степени обусловлены количеством и качеством жира. В связи с большим содержанием олеиновой кислоты жир птицы отличается легкоплавкостью. Точка плавления жира курицы 23–40 °С, индейки – 31–32 °С, утки – 31°С и гуся – 27–34 °С, а говяжьего жира 50 °С. Отложение жира в мясе птицы происходит неравномерно. В хорошем по качеству мясе жир находится между мышечными волокнами. Внутренний жир накапливается в подкожной жировой клетчатке, соединительной ткани, под серозными покровами брюшины, в печени, почках. Наличие в жирах фосфолипидов улучшает их усвояемость. Из фосфолипидов наибольшее значение имеет лейцин, количество которого в мышцах составляет 0,20–0,25 %.

Содержание жира в мясе резко возрастает при принудительном откорме птицы с использованием легкоусвояемых углеводов, протеинов и высококалорийных рационов.

Биологическая ценность жира бройлеров характеризуется повышенным содержанием незаменимых жирных кислот – линолевой, линоленовой, арахидоновой, пальмитиновой и др. Общий уровень насыщенных жирных кислот в грудных мышцах достигает 70 %, в ножных – 60, а в мясе всей тушки – 60–65 %.

Мясо птицы содержит большое количество витаминов, особенно группы В (мг %): V_1 – 0,2–0,4; V_2 – 0,1–0,4; V_{12} – 0,1–0,4; V_6 – 0,5–0,8; РР – 4–7 и С – 2–6. Другие витамины находятся в сравнительно небольшом количестве (менее 0,1 мг%). В печени взрослой курицы обнаружено 300–500 мкг/г витамина А, в печени индеек – 2500–3000 мкг/г. Ферменты, содержащиеся в мясе, способствуют автолизу (созреванию мяса после убоя). К наиболее распространенным ферментам мяса относятся амилаза и эндопротеазы. В процессе автолиза наибольшее участие принимают ферменты эндопротеазы и эндолептазы.

Тушки бройлеров характеризуются светлой (до интенсивно желтой) окраской, они не должны иметь экстерьерных недостатков и пороков переработки. Важными показателями мясных качеств бройлеров являются отношение съедобных частей к несъедобным (индекс мясных качеств), мышц к костям (мясокостный индекс), а также убойный выход. Сочность, нежность, запах и вкус мяса зависят от генетических особенностей, условий кормления и содержания птицы, обработки и хранения тушек.

Основные параметры мясной продуктивности и качества мяса цыплят-бройлеров приведены в табл. 10.

Тушки не должны иметь недостатков, связанных с нарушением условий выращивания птицы, подготовки ее к убою и переработки. Мясо поступает на реализацию после созревания, происходящего в процессе остывания и охлаждения тушек. Убойный выход потрошеной тушки по отношению к живой массе бройлеров составляет 60–62 %,

Таблица 10

**Оптимальные параметры мясной продуктивности
и качества мяса цыплят-бройлеров**

Показатели	В сред- нем	Белое мясо (грудные мышцы)	Красное мясо (остальные мышцы)
Живая масса в 7-недельном воз- расте, кг	1,6–1,7	-	-
Убойная масса полупотрошенной тушки, %	80–82	-	-
Убойная масса потрошенной туш- ки, %	60–62	-	-
Выход съедобных частей, %	52–55	-	-
Выход мышц, %	42–45	-	-
Содержание белка, %	22–22	22–25	19–21
Содержание жира, %	5–7	2–3	3–7
Индекс биологической ценности белка (отношение триптофана к оксипролину)	5–7	6–7	5–6
Индекс биологической ценности жира (отношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным)	1,5–2,0	2,0–2,5	1,5–2,0
Калорийность, ккал/100 г	140–160	130–150	160–180
Органолептическая оценка мяса, баллов			
запах	4,8	4,7–4,9	4,7–4,8
вкус	4,6	4,7–4,8	4,4–4,5
нежность	-	2–3	2–4
pH созревшего мяса	5,7–6,4	5,9–6,1	6,2–8,5
Сочность, %	-	60–70	70–75

выход мяса и съедобных органов – 52–55 %; с увеличением живой массы бройлеров эти показатели повышаются. Тушки бройлеров отличаются хорошо развитой мышечной тканью. Наиболее ценные части – грудные и ножные мышцы – составляют 35–39 % массы тушки.

В тушке бройлеров содержится 19–23 % протеина, 5–15 – жира и 0,8–1,1 – золы; в белых мышцах протеина

обнаружено 21–25 %, жира – 1,0–2,5, в красных соответственно 17–21 и 3–6 %. Белки мяса бройлеров богаты всеми незаменимыми аминокислотами, в том числе триптофаном (2,5 %), метионином (1,8–6,6 %) и лизином (6,0–7,5 %). Мясо бройлеров обладает особой нежностью благодаря низкому (не более 8 %) содержанию склеропротеинов.

При оценке качества мяса птицы любого вида проводят гистологические исследования с целью определения диаметра мышечных волокон и соотношения мышечной и соединительной тканей. Установлено, что в грудных мышцах цыплят-бройлеров содержится больше мышечной ткани, чем в ножных мышцах. В связи с этим грудные мышцы по содержанию протеина, вкусовым и пищевым достоинствам превосходят другие мышцы тела птицы. Между химическим составом грудных и ножных мышц существует заметная разница. Так, грудные мышцы петушков и курочек характеризуются повышенным содержанием протеина (22,0–25,4 %) и незначительным количеством жира (1–4 %), а в ножных мышцах, наоборот, имеется меньше протеина (19–22 %) и больше жира (2–7 %).

По упитанности и качеству обработки тушки всех видов птицы подразделяют на две категории: первую и вторую (табл. 11).

Тушки всех видов птицы, не удовлетворяющие по упитанности требованиям второй категории, относят к тощим.

Тушки птицы должны быть хорошо обескровлены, чистые, без остатков пуха, пера, пеньков и волосовидных перьев, воска (для тушек водоплавающей птицы, подвергавшихся воскованию), царапин, разрывов, пятен, кровоподтеков, остатков кишечника и клоаки.

У полупотрошенных тушек полость рта и клюв должны быть очищены от корма и крови, загрязнений, известковых наростов и наминов.

Допускаются:

– на тушках птицы I категории – единичные пеньки и легкие ссадины, не более 2 разрывов кожи длиной до 1 см каждый (только не на груди), незначительное слущивание эпидермиса кожи; у бройлеров – намины на киле грудной кости в стадии слабо выраженного уплотнения кожи, точечные кровоизлияния, незначительная деформация и переломы плюсен и пальцев, отсутствие последних сегментов крыльев;

Таблица 11

Требования, предъявляемые к упитанности тушек птицы

	Категория I	Категория II
Цыплята	Мышцы тушки хорошо развиты. Отложения подкожного жира в области нижней части живота и в виде прерывистой полоски на спине. Киль грудной кости слегка выделяется	Мышцы тушки развиты удовлетворительно. Киль грудной клетки выделяется, грудные мышцы образуют угол без впадин. Незначительное отложение подкожного жира в области нижней части спины и живота. Отложения подкожного жира могут отсутствовать при вполне удовлетворительно развитых мышцах тушки
Цыплята-бройлеры	Мышцы развиты хорошо. Форма груди округлая. Киль грудной кости не выделяется. Отложение подкожного жира в нижней части живота незначительное	Мышцы развиты вполне удовлетворительно. Грудные мышцы с килем грудной кости образуют угол без впадин. Допускается выделение киле грудной кости и отсутствие подкожного жира
Куры	Мышцы тушки хорошо развиты. Форма груди округлая. Отложения подкожного жира на груди, животе и в виде сплошной полосы на спине. Киль грудной кости не выделяется	Мышцы тушки развиты удовлетворительно. Форма груди угловатая. Незначительные отложения подкожного жира в нижней части живота и спины. Допускается отсутствие жировых отложений при вполне удовлетворительно развитых мышцах. Киль грудной кости выделяется

– на тушках птицы II категории – незначительное количество пеньков и ссадин, не более 3 разрывов кожи длиной до 2 см каждый, слущивание эпидермиса кожи, незначительно ухудшающее (у бройлеров – не ухудшающее) товарный вид тушки; у бройлеров – намины на киле грудной кости в стадии слабо выраженного уплотнения кожи, точечные кровоизлияния, незначительная деформация и переломы плюсен и пальцев, отсутствие последних сегментов крыльев, перелом одной голени или крыла без обнажения костей и кровоподтеков, искривление киля грудной кости.

Тушки птицы, соответствующие по упитанности требованиям I категории, а по качеству обработки II категории, относят к II категории.

Не допускаются к реализации в торговой сети и в сети общественного питания, а используются для промышленной переработки следующие тушки птицы: не соответствующие II категории по упитанности и качеству обработки; с искривлениями спины и грудной кости; с царапинами на спине, замороженные более одного раза; имеющие темную пигментацию (кроме индеек и цесарок). Тушки старых петухов, соответствующие I категории, но имеющие шпоры длиннее 15 мм, относят ко II категории.

Тушки цыплят-бройлеров, отнесенные по упитанности к тощим, а также не соответствующие по обработке требованиям II категории, плохо обескровленные, замороженные более одного раза, с кровоподтеками, с наличием выраженных наминов, требующих удаления, переломами голени и крыльев при наличии обнаженных костей, искривлениями спины и грудной кости, не допускаются для реализации в торговой сети, а используются для промышленной переработки на пищевые цели.

Отсортированные тушки маркируют. Тушки птицы, кроме индивидуально упакованных в пакеты из полимерной пленки, маркируют нанесением электроклея или наклеиванием этикеток. Клеймо (первая категория – цифра 1, вторая категория – цифра 2) наносят на голень одной ноги тушек цыплят, бройлеров, кур, утят, цесарок, цесарят и на обе ноги уток, гусей, индюшат и индек. Клеймо ставят на наружную сторону ног, оно должно быть четким и легко просматриваемым.

Бумажную этикетку розового цвета для I категории и зеленого – для II наклеивают на ногу полупотрошенной тушки и ниже заплюснегового сустава, а потрошенной – выше заплюснегового сустава.

Ветеринарно-санитарную оценку мяса основывают на результатах послеубойного осмотра, а в случаях необходимости, когда патолого-анатомические данные не позволяют поставить диагноз, проводят бактериологическое, токсикологическое и другие лабораторные исследования.

В последние годы резко возрос спрос на продукты, изготавливаемые из печени, получаемой при специальном откорме птицы. Продукты, вырабатываемые из печени, содержат большое количество жира, витаминов, аминокислот в легкоусвояемой форме. Особое значение эти продукты имеют в питании людей со стойким нарушением обмена веществ, при заболеваниях печени и желудочно-кишечного тракта, анемии, так как белки печени содержат повышенное количество железа, необходимого для функции кроветворения.

3.2. Химический состав и питательная ценность яиц

Одним из основных продуктов птицеводства являются яйца. Большое разнообразие питательных веществ, содержащихся в яйцах, делает их ценным питательным продуктом. Они способствуют поддержанию здоровья взросло-

го человека, усиливают рост и развитие детей, играют важную роль при лечении многих расстройств питания, включая витаминную недостаточность и различные виды малокровия. Ценность яиц в том, что в них содержатся полноценные биологически активные вещества, прежде всего, белки, жиры, витамины, макро- и микроэлементы.

Яйцо представляет собой яйцеклетку, окруженную желтком и белком с их оболочками и скорлупой. При содержании без самца птица несет яйца с неоплодотворенной яйцеклеткой, которые по пищевым достоинствам не отличаются от оплодотворенных.

Соотношение белка, желтка и скорлупы зависит от вида, возраста, породы и продуктивности, условий содержания и кормления.

В яйцах кур содержится 6 весовых частей белка (54–60 %), 3 – желтка (28–32 %) и 1 часть скорлупы (11–14 %). В яйцах молодых кур содержится меньше желтка и больше белка, а с возрастом масса желтка увеличивается.

Основную массу съедобной части яйца составляет белок. Он состоит из 4 неоднородных по плотности слоев: наружного жидкого – 23 %, наружного плотного – 57, внутреннего жидкого – 17 и внутреннего плотного – 3 %.

В наружном и внутреннем жидком белке почти нет волокон муцина, тогда как в среднем плотном они составляют его основу в виде переплетающейся ячеистой сети, заполненной жидким белком. Градиновый слой состоит из густого белка коллагена, лежащего непосредственно на поверхности желточной оболочки и заканчивающегося закрученными тяжами – градинками. Содержание плотного белка принято считать одним из основных показателей качества яиц, так как по мере хранения количество его уменьшается. При хранении яиц белок постепенно разжижается и становится водянистым.

Белок заключен в белочную оболочку, которая плотно прилегает к подскорлупной оболочке и только в области тупого конца яйца эти оболочки расходятся, образуя воздушную камеру.

Наиболее важная часть в пищевом отношении – желток. Это густая масса, заключенная в тонкую прозрачную оболочку. Желток представляет собой шар неправильной формы и удерживается в центре яйца градинками, которые прикреплены с одной стороны к поверхности желтка, а с другой переплетены с волокнами в белке. На поверхности желтка находится зародышевый диск, представляющий собой небольшое белковое пятно диаметром 3–5 мм.

Цвет желтка может быть от бледно-желтого до темно-оранжевого, что обусловлено содержанием в нем каротиноидов, поступающих в организм с кормами.

Желток состоит из чередующихся темно-желтых и светло-желтых слоев. В центре желтка расположена более светлая латембра.

Скорлупа – известковая оболочка, которая состоит из двух слоев: внутреннего, или сосочкового, составляющего одну треть скорлупы, и наружного, или губчатого. Толщина скорлупы колеблется от 0,311 до 1,588 мм и зависит от вида птицы. Скорлупа пронизана многочисленными порами.

Скорлупа предохраняет содержимое яйца от повреждений и служит источником минеральных веществ, которые расходуются на образование скелета.

Цвет скорлупы зависит от вида и породы птицы. У кур яичных пород она белая, у мясных имеет различные оттенки – от соломенно-желтого до коричневого.

Поверхность скорлупы покрыта надскорлупной оболочкой (кутикулой), состоящей из муцина, который обво-

лакивает яйцо при выходе его из половых органов птицы. Кутикула играет роль своеобразного бактериального фильтра для яйца. В процессе хранения кутикула разрушается, а поверхность яйца по мере старения становится блестящей.

Химический состав является объективным показателем качества и питательной ценности яиц. Химический состав яиц у разных видов птицы несколько различается (табл. 12).

Таблица 12

Химический состав яиц, %

Вид птицы	Вода	Сухое вещество, всего	В том числе			
			проте- ины	жиры	угле- воды	минеральные вещества
Куры	73,6	26,4	12,8	11,8	1,0	0,8
Индейки	73,7	26,3	13,1	11,7	0,7	0,8

В целом яйца сельскохозяйственной птицы любого вида состоят на 70–75 % из воды, в которой содержатся растворенные минеральные вещества, протеины, углеводы, витамины и жиры в виде эмульсии.

Содержание сухого вещества по отношению к целому яйцу наибольшее в желтке – 45–48 %, затем в скорлупе с оболочками – 32–35 и в белке – около 20 %. В желтке находится почти весь жир, жирорастворимые витамины. Калорийность желтка (в 100 г) составляет 370–400 ккал, белка – 40–50 ккал.

Так как желток является основным источником питательных веществ и энергии в яйце, то соотношение между размерами желтка и белка является важным фактором, определяющим его пищевую ценность.

Пищевая ценность яиц сельскохозяйственной птицы получает высокую оценку специалистов и потребителей, а яйца кур относят к диетическим продуктам. В первую очередь, это основывается на содержании и высокой усвояемости их белков и аминокислот.

Усвояемость белков яиц является наиболее высокой – 94 %, в то время как усвояемость белков молока равна 85, свинины – 74, говядины – 69 %.

Хотя в яйце много полноценных белков, было бы не совсем объективным считать, что оно является лишь сугубо белковым продуктом. Яйца считаются также очень хорошим натуральным источником высокоценных жиров (в том числе и ненасыщенных жирных кислот), витаминов и минеральных веществ, в значительной степени обеспечивающих ежедневную потребность человека. Употребление одного яйца покрывает суточную потребность взрослого человека в протеине на 10 %, витаминах и микроэлементах: рибофлавине – на 15, B_{12} – на 8, А – на 6, фолиевой кислоте (B_9) – на 4, Е – на 3, тиамине – на 2, цинке и железе – на 4, селене – на 10 %.

Исследования последних лет убедительно свидетельствуют о том, что количество потребляемых яиц не имеет прямой связи с уровнем холестерина в крови. Яйца даже полезны для поддержания сердечной деятельности благодаря присутствию в них лецитина, который препятствует накоплению холестерина в организме человека.

По последним данным экспертов по питанию, человеку рекомендуется употреблять 12–14 яиц в неделю.

4. ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВАРЕНИЯ У ПТИЦЫ

Следует отметить, что организм птицы представляет мощный нанобиотехнологический комплекс, где происходят миллионы биохимических процессов. На первом этапе углеводы из полисахаридов превращаются в моносахара нанометрового размера, белки под действием ферментов превращаются в аминокислоты, а затем идет обратный процесс: сахара и аминокислоты участвуют

в синтезе яиц и мяса птицы, а кроме того, сахара расходуются на поддержание жизненных функций, участвуя в энергетическом обмене.

4.1. Строение и функции желудка птицы

Желудок птицы состоит из железистого и мускульного.

Железистый желудок, который внешне выглядит как цилиндрическое расширение нижнего участка пищевода, снабжен густо расположенными железами, выводные протоки которых открываются на поверхности слизистой оболочки в виде хорошо заметных пор, которые вырабатывают желудочный сок. Залегающие на поверхности эпителиальные клетки слизистой оболочки железистого желудка продуцируют главным образом муцины.

Железистый желудок служит лишь для продвижения по нему корма и перемешивания его с секретами желез.

Мускульный желудок состоит из сильных переднего и заднего главных мускулов. Они связаны сухожильной пластиной и переходят в верхний и нижний плоские промежуточные мускулы. Обе пары мускулов представляют собой усиленные кольцевые мускулы.

Оба главных мускула расположены асимметрично друг против друга. Это вызывает продольное смещение и вращение мускулов относительно друг друга и, как следствие, сужение просвета и сближение обеих трущихся поверхностей. Сухожилия, соединяющие главные мускулы, представляют собой во время фазы сокращения единый стабилизированный элемент. Синхронное сокращение обоих главных мускулов сдавливает содержимое и с большой силой спрессовывает его. Часть корма в результате этого размалывается, перетирается, другая же часть под действием повышенного давления перемещается в слепые мешки, образующиеся при расслаблении

промежуточных мускулов. Для второй фазы характерно сокращение промежуточных мускулов при одновременном расслаблении главных мускулов. Это вызывает расширение просвета и обратное перемещение содержимого слепых мешков в пространство между трудящимися поверхностями кутикулы, расположенными в зоне главных мускулов. Во время этого цикла сокращений, которой делится на четыре периода неодинаковой продолжительности, совершается обмен содержимым между железистым и мускульным желудком. После 2–5 циклов содержимое переходит в двенадцатиперстную кишку.

Частота и интенсивность постоянно повторяющихся циклов сокращений обеих пар мускулов отличаются высокой приспособленностью к количеству и консистенции содержимого. После скармливания твердых ячменных зерен главные и промежуточные мускулы совершают ежеминутно четыре сокращения, повышая при этом давление в мускульном желудке до 160 мм рт. ст. При скармливании пшеничных зерен частота сокращений мускульного желудка уменьшается до трёх в минуту, а давление падает до 80–100 мм рт. ст. При поедании же мягкого корма отмечаются только два сокращения в минуту и совсем незначительное повышение давления. У кур цикл сокращений мускульного желудка продолжается в среднем 20 с. Продолжительность каждого отдельного сокращения главных и промежуточных мускулов составляет 2–3 с. У гусей во время сокращения главных мускулов в мускульном желудке создается внутреннее давление до 265–286 мм рт. ст., у уток – примерно 180 мм рт. ст. После длительного голодания и во время линьки сокращения железистого и мускульного желудков становится замедленными и более нерегулярными.

Моторика желудка птицы характеризуется определенным автоматизмом, который обеспечивается нервным сплетением, связанным со всеми мускульными волокнами. Волокна его разветвляются также в стенке железистого желудка и верхней части тонкого отдела кишечника. Это разветвление указывает на согласованность моторных процессов на данном участке пищеварительного тракта. Кроме того, стенки железистого и мускульного желудков иннервируются блуждающим и внутренностным нервами.

Биохимические процессы пищеварения. Несмотря на достаточно обильную секреторную деятельность желез в обоих отделах желудка, время пребывания корма в нём столь непродолжительно, что его не хватает для интенсивного пищеварения. При прохождении корма через железистый желудок здесь (в зависимости от свойств и состава корма) на него изливается желудочный сок, в котором содержатся пепсин, соляная кислота, сычужный фермент и муцин. При секреции покоя концентрация соляной кислоты в желудочном соке у кур составляет 93 мг-экв/л, после инъекции гистамина – 145. Благодаря интенсивному измельчению и перемешиванию содержимого мускульного желудка составные части корма активно соприкасаются с секретом железистого и мускульного желудков. Одновременно происходит дальнейшее перемешивание содержимого с микрофлорой мускульного и железистого желудков, которая представлена в основном лактобациллами и аэробными видами. Концентрация микроорганизмов в 1 г содержимого достигает 10^5 – 10^7 .

Секреция желудочного сока вызывается как условно-, так и безусловно-рефлекторным путем. У кур, гусей и уток усиленное выделение желудочного сока наблюдается уже при одном виде корма. Желудочная секреция

регулируется безусловно-рефлекторным путем через механические и химические раздражения, исходящие из самого пищеварительного тракта, количество и состав сока определяются видом корма. Химические раздражения, исходящие от отдельных компонентов корма, непосредственно регулируют выделение богатого пепсином или муцинами секрета.

4.2. Пищеварение в тонком отделе кишечника

Строение и функции. Если функции зоба, железистого и мускульного желудков способствуют в первую очередь механическим пищеварительным процессам, то в относительно коротком тонком отделе кишечника птицы проходят главные процессы расщепления и всасывания. Морфологически и функционально тонкий отдел кишечника делится на двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки. Длина этих участков колеблется в зависимости от вида и породы птицы.

Стенка тонкого отдела кишечника состоит, как и у млекопитающих, из серозного и мускульного слоев, подслизистой и слизистой оболочек. В слизистой оболочке расположены либеркюновы крипты, в которые открываются протоки собственно кишечных желез. Поверхность слизистой оболочки снабжена длинными ворсинками.

Моторика. Главные фазы движений тонкого отдела кишечника состоят у птицы из перистальтики, антиперистальтики и стадии покоя. Перистальтические волны, возникающие в результате сокращений кольцевой мускулатуры, быстро распространяются на отдельные участки кишечника. После перистальтической волны не происходит расслабления кольцевой мускулатуры, а сразу возникает антиперистальтическая волна в противоположном направлении.

Биохимические процессы пищеварения. Процессы расщепления в начальном отрезке двенадцатиперстной кишки определяются в значительной мере действием ферментов и соляной кислоты желудка. Здесь происходит частичное расщепление белков до пептонов и полипептидов. При дальнейшем прохождении через тонкий отдел кишечника содержимое его перемешивается с соком поджелудочной железы и желчью, что способствует дальнейшему расщеплению основных питательных веществ корма. Процессы пищеварения в тонком отделе кишечника завершаются процессами бактериального расщепления и обмена веществ (табл. 13, 14).

Таблица 13

Ферменты содержимого желудочно-кишечного тракта, органов пищеварения и пищеварительных соков птицы

Фермент	Происхождение	Расщепляемые вещества	Промежуточные или конечные продукты
Амилаза (птиалин)	Слюна	Крахмал	Мальтоза
Лактаза	Содержимое зоба	Лактоза	Глюкоза, галактоза
Амилаза Инвертаза Трипсин	Сок и слизистая оболочка тонкого отдела кишечника	Пептоны, полипептоны	Аминокислоты
Амилаза Инвертаза Трипсин Эрепсин Липаза	Чистый сок поджелудочной железы или её ткань	Углеводы, белки, жиры	Моносахариды, аминокислоты
Амилаза	Желчь		

Главным поставщиком важнейших пищеварительных ферментов является сок поджелудочной железы, который изливается в двенадцатиперстную кишку через общий выводной проток вместе с желчью. Лишь новейшие методы изучения выводных путей поджелудочной

железы позволили выяснить некоторые вопросы о количестве, составе и механизме секреции сока поджелудочной железы у кур. В поджелудочной железе петухов 10–12-месячного возраста сок образуется непрерывно и изливается через выводные протоки. Секреция покоя составляет примерно 0,4–0,8 мл/ч. С задержкой примерно 5–10 мин после приема корма интенсивность секреции в течение последующего часа возрастает в 3–4 раза, достигая 1,7–2,9 мл/ч. Этот высокий уровень сохраняется до 3-го часа после кормления. После этого секреция и выделение сока постепенно снижается и через 9–10 ч после кормления достигает уровня секреции покоя. Дозировка чистого DL-метионина в дозе 0,5 г на каждую дачу вызывает у кур повышение интенсивности секреции сока поджелудочной железы и его протеазной активности.

Таблица 14

**Величина pH в содержимом желудочно-кишечного тракта
у некоторых видов домашней птицы**

Пищеварительный отдел	Курица	Утка	Индейка
Зоб	4,5	4,9	6,1
Желудок			
железистый	4,4	3,4	4,7
мускульный	2,6	2,3	2,2
Двенадцатиперстная кишка	5,8–6,0	6,0–6,1	5,8–6,5
Тошая кишка	5,8–5,9	6,1–6,7	6,7–7,0
Подвздошная кишка	6,3–6,4	6,9	6,9
Ободочная кишка	6,3	6,7	6,5
Слепая кишка	5,7	5,9	5,9
Желчь	5,9	6,1	6,0

С усилением секреции повышается также ферментативная активность сока поджелудочной железы. Протеазная активность возрастает за первый час после кормления на 92 %, амилазная – на 50 и липазная – на 30 % от своего исходного уровня. Активность амилазы и липазы

спустя 9 ч после кормления равномерно возвращается к исходному уровню, протеазная же активность в промежутке между 4- и 5-м часом после кормления испытывает ещё одно повышение.

Относительно большие колебания концентрации водородных ионов на отдельных участках тонкого отдела кишечника объясняются зависимостью кислотно-щелочного равновесия от кормления.

Переваривание кормовых белков в тонком отделе кишечника птицы проходит все стадии от предварительного переваривания под действием соляной кислоты, пепсина и химозина желудочного сока, особенно в двенадцатиперстной кишке, до конечного переваривания в тощей и подвздошной кишках до стадии аминокислот под действием протеолитических ферментов сока поджелудочной железы.

Углеводы расщепляются до моносахаридов преимущественно под действием амилазы сока поджелудочной железы и в некоторой степени под действием амилазы желчи. Процессы набухания в зобе и дальнейшее перемешивание корма с желудочно-кишечной флорой должны играть определённую роль в расщеплении углеводов, особенно крахмала. Расщепление жиров начинается после поступления в двенадцатиперстную кишку смеси желчи и панкреатического сока и завершается образованием моноглицеридов, глицерина и жирных кислот. Расщепление жировых молекул как в количественном, так и качественном отношении подчиняется определенной динамике.

Всасывание. Основные процессы всасывания в тонком отделе кишечника птицы в принципе не отличаются от таковых у млекопитающих. Однако всасывание некоторых незаменимых компонентов корма характеризуется

особенностями, которые в последние годы достаточно глубоко изучены. У цыплят 2-дневного возраста эпителий слизистой оболочки в области тощей кишки обновляется за 24 ч. В подвздошной и двенадцатиперстной кишках смена слизистой оболочки длится более 48 ч.

Всасывание продуктов расщепления белков, особенно аминокислот, в тонком отделе кишечника кур в зависимости от концентрации водородных ионов, химической концентрации продуктов расщепления и ряда других факторов изучалось многими авторами в последние годы. В тонком отделе кишечника годовалых петухов при средней величине рН 6,5 всасывается около 66 % скормленного количества гидролизата казеина. Искусственный сдвиг рН в кислую или щелочную зону снижает интенсивность всасывания на 10–15 %.

Аналогичное снижение нормы всасывания гидролизатов казеина наблюдается после искусственного закисления или защелачивания крови. У цыплят в возрасте 4–10 недель из содержимого кишечника в верхней части тощей кишки может быть резорбировано до 70–88 % азотсодержащих продуктов переваривания, до 20–57 % в нижней части тощей кишки и до 20–40 % в подвздошной кишке. В исследованиях на петухах породы леггорн было показано, что из эквимольного раствора 18 L-аминокислот, введенного непосредственно в тонкий отдел кишечника, аминокислоты с длинными неполярными боковыми цепями, как, например, метионин, изолейцин, валин, лейцин, триптофан и фенилаланин, всасываются в кровь значительно быстрее, чем аминокислоты с полярными боковыми цепями, такие, как глутаминовая и аспарагиновая кислоты и аргинин.

Определённые продукты расщепления углеводов всасываются у птицы так же быстро, как и у большин-

ства млекопитающих. Галактоза и глюкоза всасываются в тонком отделе кишечника цыплят значительно быстрее, чем фруктоза и манноза. Способность к всасыванию продуктов переваривания углеводов развивается у цыплят в первые 14 дней жизни.

Скорость всасывания сахаров из тонкого отдела кишечника различна. По сравнению с основным продуктом расщепления углеводов – глюкозой – галактоза всасывается на 15% быстрее, другие продукты расщепления углеводов – значительно медленнее.

На переваривание и всасывание жиров у птицы тоже в значительной мере оказывают влияние компоненты желчи. Всасывание конечных продуктов ферментативного расщепления жиров в первые дни и недели жизни цыплят зависит от присутствия определённых желчных кислот. По данным ряда ученых, холевая, дегидрохолевая, гидроксидхолевая и урсодезоксидхолевая кислоты улучшают всасывание жира у суточных и 3-недельных петушков. Расщепление и всасывание жиров у птицы зависят также от структуры жировых соединений. Пальмитиновая кислота в тонком отделе кишечника кур отщепляется и всасывается в зависимости от её положения в молекуле триглицеридов. Освобождающиеся в процессе всасывания жирные кислоты взаимно стимулируют всасывание друг друга. Так, в присутствии ненасыщенных жирных кислот повышается интенсивность всасывания в тонком отделе кишечника цыплят таких насыщенных жирных кислот, как пальмитиновая и стеариновая. На основании результатов этих опытов можно сделать вывод, что эффективность использования жиров у цыплят можно повысить путём скармливания соединений, характеризующихся благоприятным соотношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Главным местом всасывания промежуточных

и конечных продуктов переваривания жиров являются нижние участки тощей кишки.

Вода всасывается у птиц в зависимости от соотношения осмотического давления между содержимым кишечника, кровью и тканями. Согласно исследованиям ученых, у птиц существует желудочно-зобный кругооборот воды (энтероглувиальный кругооборот). Определённая часть всосавшейся из тонкого отдела кишечника воды выделяется обратно из крови в зоб, что благоприятствует происходящим здесь процессам набухания.

Всасывание минеральных веществ зависит от их электролитических свойств, валентности, связанности с компонентами корма, определённых сопутствующих веществ и потребностей животного. Натрий, калий и хлор всасываются в тонком отделе кишечника в зависимости от потребности. Для удовлетворения зачастую высоких потребностей в этих элементах в период роста большое значение имеет их количественное соотношение в кормах. Степень использования калия зависит, например, от количества белка, натрия и фосфора в корме. Хлористый натрий особенно легко всасывается у цыплят, утят и индюшат, но при превышении дозы может привести к нарушениям в развитии и даже интоксикации.

Кальций у кур всасывается на всём протяжении тонкого отдела кишечника. Интенсивность всасывания кальция зависит от того, в каких соединениях он находится, а также от присутствия желчи и витамина D_3 . Так, кальций из $^{45}CaCl_2$ при отсутствии витамина D_3 всасывается значительно хуже, чем в том случае, когда потребность в нём организма полностью удовлетворена.

В процессах пищеварения и всасывания, протекающих в тонком отделе кишечника птицы, определённое значение имеет микрофлора. Развитие микрофлоры

в отдельных участках пищеварительного тракта цыплят в первые дни и недели жизни, а также динамика рН отличаются характерными особенностями.

Непосредственно после вылупления пищеварительный тракт цыплят свободен от микроорганизмов. Заселение его начинается в первые часы жизни и после первого кормления достигает определённого максимума. В пределах обычных колебаний численности микрофлоры в отдельных участках пищеварительного тракта спектр облигатной микрофлоры к 32-му дню жизни стабилизируется.

Понижение численности микроорганизмов в отдельных участках пищеварительного тракта кур при кормлении мелассой связано с повышенным потреблением воды и как следствие этого сильным разбавлением содержимого желудка и кишечника и более быстрым прохождением его по пищеварительному тракту. В целом между величиной рН и количеством микроорганизмов в отдельных участках пищеварительного тракта существует определённая взаимосвязь (табл. 15).

Таблица 15

Влияние различных кормов на микрофлору (в 1 содержимого) и динамику рН в пищеварительном тракте кур

Пищеварительный отдел	Кукурузная мука			Меласса		
	рН	лактоба- циллы	аэробные органи- змы	рН	лактоба- циллы	аэробные органи- змы
Зоб	4,9	$10^{9,1}$	$10^{9,2}$	5,2	$10^{8,8}$	$10^{8,6}$
Железистый желудок	4,7	$10^{7,1}$	$10^{6,9}$	4,2	$10^{5,5}$	$10^{5,9}$
Мускульный желудок	3,9	$10^{5,9}$	$10^{5,6}$	3,9	$10^{6,0}$	$10^{5,5}$
Двенадцатиперстная кишка	6,2	$10^{7,0}$	$10^{6,8}$	6,0	$10^{6,0}$	$10^{5,5}$
Тощая кишка	6,0	$10^{7,3}$	$10^{7,1}$	5,8	$10^{6,4}$	$10^{6,5}$
Подвздошная кишка	7,4	$10^{7,8}$	$10^{7,8}$	7,3	$10^{7,5}$	$10^{7,4}$
Слепая кишка	6,7	$10^{9,0}$	$10^{8,7}$	6,8	$10^{7,5}$	$10^{7,6}$
Толстая кишка с калом	7,4	$10^{6,0}$	$10^{5,8}$	7,7	$10^{6,0}$	$10^{5,8}$
Толстая кишка без кала	6,7	$10^{8,5}$	$10^{8,2}$	6,6	$10^{7,8}$	$10^{7,8}$
Кал	8,1	$10^{7,9}$	$10^{8,0}$	8,1	$10^{6,8}$	$10^{6,7}$

Согласно исследованиям, цыплята, получавшие в качестве добавки к рациону сахарозу, развивались в первые недели жизни лучше тех, которые получали такое же количество энергии в форме лактозы. После достаточной стабилизации микрофлоры пищеварительного тракта значительная часть лактозы исключалась, и через несколько недель цыплята, получавшие лактозу, достигали такой же массы, как и цыплята, получавшие сахарозу.

При выращивании и содержании птицы в условиях крупных птицефабрик большое значение имеет применение антимикробных кормовых добавок и средств, стимулирующих откорм. Большинство кормовых смесей, изготавливаемых промышленным путём, содержит определённые добавки антибиотиков и других антибактериальных веществ, механизм действия которых, согласно современным научным данным, можно объяснить их действием на желудочно-кишечную флору.

Функциональное значение желудочно-кишечной флоры у домашней птицы, насколько можно сделать вывод на основании изучения нормального и свободного от микроорганизмов желудочно-кишечного тракта, заключается в её влиянии на эффективность использования корма и всасывание некоторых компонентов рациона. Микрофлора, зависящая в определённой степени от условий внешней среды и кормления, активно участвует в биохимических процессах пищеварения на различных его этапах.

4.3. Пищеварение в слепых кишках

Расположенные попарно слепые кишки, а также прямая кишка имеют у разных видов домашней птицы различную длину (табл. 16). Заполнение слепых кишок происходит во время перехода содержимого тонкого отдела кишечника в прямую кишку, так что в слепые мешки

всегда поступает небольшая часть содержимого, имеющего консистенцию жидкой кашицы.

Таблица 16

Длина слепых и прямой кишок у домашней птицы, см

Вид	Длина каждой слепой кишки	Длина прямой кишки
Курица	14–23	8–11
Гусь	23–28	16–22
Утка	10–20	7–12

Дальнейшему транспорту и перемешиванию содержимого слепых кишок способствуют попеременная перистальтика и антиперистальтика их стенок. Во время длительного пребывания в слепых кишках поступившее туда содержимое тонкого отдела кишечника перемешивается с бактериями, которых в слепых кишках больше, чем в прямой кишке. В первые 6–12 ч после вылупления слепые кишки цыплят ещё свободны от микроорганизмов. После первого приёма корма наступает быстрое заселение их бактериями, для которых в слепых кишках имеется особенно благоприятная среда. Наиболее быстро размножаются в слепых кишках коли, стрептококки, лактобациллы и бактероиды. Величина рН содержимого слепых кишок у кур составляет 5,3–6,7, у уток – 5,9. Значение рН содержимого прямой кишки у кур колеблется в пределах 6,3–6,7, у уток – около 6,7.

Роль пищеварения в слепых кишках в смысле использования сырой клетчатки невелика, так как сюда попадает лишь незначительная доля проходящей через пищеварительный тракт пищевой массы. Сырая клетчатка овса используется у кур в результате бактериального брожения лишь на 9%, пшеницы – на 7%. Из-за быстрого прохождения корма по пищеварительному тракту, интенсивного пищеварения в тонком отделе кишечника и незначительного участия бактериальной

микрофлоры слепых кишок в пищеварении сырой клетчатки птице экологически выгоднее скормливать корма, бедные сырой клетчаткой.

Переваривание белка отдельными видами микрофлоры слепых кишок начинается в возрасте четырёх недель, т.е. после заселения бактериями пищеварительного тракта. Из опытов на 1–7-недельных цыплятах выяснилось, что скормливание сырых соевых бобов в первые 4 недели жизни приводит к торможению протеолиза в тонком отделе кишечника. На четвёртой неделе жизни процесс протеолиза в слепых кишках усиливается. Тот факт, что усиление бактериального протеолиза связано с повышенным всасыванием азота из слепых кишок, позволяет сделать вывод, что пищеварение в слепых кишках играет компенсаторную роль, в том числе, что здесь происходит расщепление труднорастворимых белков корма.

Наряду с биохимическими процессами расщепления в слепых кишках происходит бактериальный синтез витаминов группы В и частичное их использование отдельными видами микрофлоры.

Всасывающая способность слизистой оболочки слепых кишок по сравнению со способностью к всасыванию слизистой оболочки тонкого отдела кишечника ниже. Кроме воды, в слепых кишках всасываются также азотсодержащие продукты переваривания.

Учитывая, что пищевые массы у птицы по сравнению с другими животными проходят по пищеварительному тракту очень быстро, в течение нескольких часов, необходимо предварительно углеводы и белки подвергать переработке до наночастиц глюкозы и аминокислот. Поэтому далее будут рассмотрены соответствующие технологии.

5. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ У ПТИЦЫ

5.1. Углеводы

Углеводы являются важными органическими соединениями природного происхождения. В сухом веществе растений их содержание составляет до 80%. Только растения способны осуществлять путем фотосинтеза полный синтез углеводов из CO_2 и воды. По мнению некоторых авторов, ежегодно на планете в результате фотосинтеза образуется более 40 млрд т углеводов.

В организме животных углеводы играют доминирующую роль, выполняя различные функции. Они участвуют в большинстве биохимических процессов, являются предшественниками всех компонентов растений. Производные углеводов – мононуклеотиды – являются структурными компонентами нуклеиновых кислот, которые участвуют в передаче наследственных признаков и участвуют в биосинтезе белка. Следует также отметить, что такие производные углеводов, как гликозиды, определяют состав нуклеотидов и коэнзимов, например АТФ. Витамин С, гепарин, гиалуроновая кислота также являются углеводами или их производными. С полисахаридами связаны многие явления иммунитета, специфичность тканей, групп крови и т.д. К труднопереваримым углеводам относятся целлюлоза, крахмал, инулин, к легкоусвояемым – моносахара: глюкоза, фруктоза, дисахариды, лактоза, сахароза, мальтоза.

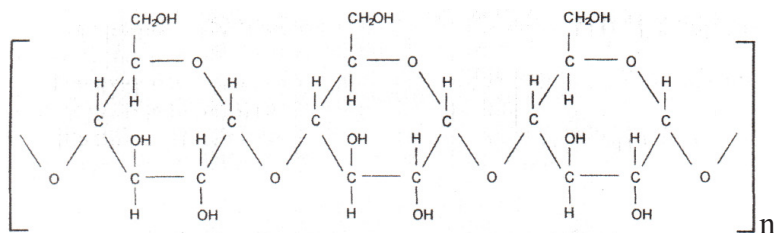
В пищеварительном тракте птицы труднопереваримые углеводы гидролизуются под действием ферментов, которые выделяют микроорганизмы.

Лигнин – одеревеневшие стенки растительных клеток. В кормлении птицы не нормируется, так как не имеет практического значения.

Целлюлоза (клетчатка) – полимер с формулой $(C_6H_{10}O_5)_n$. Белое твердое вещество, нерастворимое в воде, стойкое, не разрушается при нагревании до 200°C. Целлюлоза представляет собой длинные нити, содержащие 300–10000 остатков глюкозы. Эти нити соединены между собой множеством водородных связей, что придает целлюлозе большую механическую прочность. Этот полисахарид – главная составная часть клеточных оболочек всех высших растений. Целлюлоза в клеточных стенках растений организована в микрофибриллы, представляющие собой паракристаллические комплексы из нескольких макромолекул, связанных между собой водородными связями. Между собой микрофибриллы связаны гликанами гемицеллюлозы и в меньшей степени – пектинами. При изучении поверхности растительных клеток в основании целлюлозных микрофибрилл можно наблюдать терминальные комплексы размером около 30 нм.

У моногастричных животных и птицы нет ферментов, способных расщеплять целлюлозу.

Крахмал синтезируется различными растениями в хлоропластах, под действием света при фотосинтезе. Это аморфный порошок белого цвета, нерастворимый в холодной воде. В горячей воде набухает (растворяется), образуя коллоидный раствор – клейстер. В воде при добавлении кислот постепенно гидролизуются с образованием декстринов вплоть до глюкозы. При нагревании сухого крахмала до 200–250°C происходит частичное его разложение и получается смесь менее сложных, чем крахмал, полисахаридов (декстрины и т.д.). Физическое изменение позволяет получать крахмал с высокой способностью удерживать влагу, что, в свою очередь, придает конечному продукту желаемую консистенцию.



Крахмал используют для получения патоки, глюкозы, этанола. В пищевой промышленности его включают в состав колбас, майонеза, кетчупа и т. д. В птицеводстве крахмал является основным источником энергии.

Крахмал состоит из биополимеров двух типов: амилозы и амилопектина. Молекулы амилозы являются полимером, имеющим линейное строение, в котором молекулы глюкозы соединены между собой α -1,4-гликозидной связью (первичная структура). В зависимости от вида крахмала молекулы амилозы имеют молекулярную массу в пределах 50 000–2 000 000 Д.

Вторичная структура молекул амилозы имеет спиралевидное строение. Устойчивость вторичной структуры макромолекул амилозы обеспечивается внутримолекулярными водородными связями. Размер внутреннего диаметра канала спирали составляет 0,5 нм, и внутри спирали амилозы могут входить некрупные молекулы, такие как молекулы воды, размер которых 0,138 нм.

Молекулы амилопектина имеют разветвленное строение. Молекулярная масса амилопектина разных видов крахмалоносов находится в пределах 1 000 000–5 000 000 000 Д. Ветви амилопектина классифицируются в зависимости от их длины. Самые короткие ветви – А со степенью полимеризации до 15. Обычно эти ветви составляют наружную часть амилопектиновой грозди и связаны только с В-ветвями, они более длинные и составляют внутренние части амилопектиновой грозди.

Глюкоза. Моносахарид, формула $C_6H_{12}O_6$. Широко распространенный в природе углевод. Образует бесцветные кристаллы. Температура плавления $140^{\circ}C$. Хорошо растворима в воде. В растениях содержится как в свободном виде, так и виде эфиров фосфорной кислоты. Её остаток входит в состав олигосахаридов (сахарозы, лактозы и других соединений), полисахаридов (крахмала, гликогена, сахарозы и др.), гликозидов и других производных.

Основные пути метаболизма глюкозы:

а) гликолиз и аэробное окисление до CO_2 и H_2O , в результате которых образуются АТФ и другие макроэргические соединения;

в) синтез олиго- и полисахаридов;

г) превращение в пентозы и другие простые сахара.

Молярная масса глюкозы 180 г/моль.

Всасавшаяся глюкоза в основном используется как энергетический материал, так как возможности отложения её в организме весьма ограничены. В печени, в мышцах и других органах глюкоза депонируется в виде гликогена. Часть глюкозы в печени превращается в жир и откладывается в жировых депо.

Во всех тканях, пройдя стадию депонирования, глюкоза используется как источник энергии, т.е. окисления. Окисление глюкозы происходит как в аэробных, так и анаэробных условиях.

Глюкоза активируется, превращается в пировиноградную кислоту. В аэробных условиях пировиноградная кислота окисляется в цикле Кребса до диоксида углерода и воды с образованием АТФ. При полном окислении молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ. В анаэробных условиях пировиноградная кислота превращается в молочную с выделением энергии. Таким образом, из молекулы глюкозы при отсутствии кислорода образуются две молекулы АТФ. Затем в печени из молочной кисло-

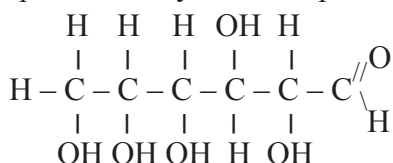
ты синтезируются глюкоза и гликоген. Если же на этапе молочной кислоты возникают аэробные условия, то она превращается в пировиноградную кислоту, которая окисляется в цикле Кребса.

Глюкоза используется для синтеза лактозы, липидов, гликогена, аминокислот, жирных кислот.

Для установления структурной формулы молекулы глюкозы необходимо знать её химические свойства. Экспериментально доказано, что один моль глюкозы реагирует с пятью молями уксусной кислоты с образованием сложного эфира. Это означает, что в молекуле глюкозы имеется пять гидроксильных групп. Так как глюкоза с аммиачным раствором оксида серебра даёт реакцию серебряного зеркала, то в её молекуле должна быть также альдегидная группа.

Опытным путём также доказано, что глюкоза имеет неразветвлённую углеродную цепь.

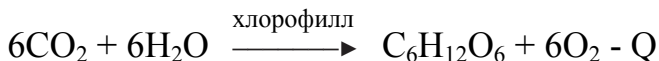
На основании этих данных строение молекулы глюкозы можно выразить следующим образом:



Как видно из структурной формулы, глюкоза является одновременно многоатомным спиртом и альдегидом, т.е. альдегидоспиртом.

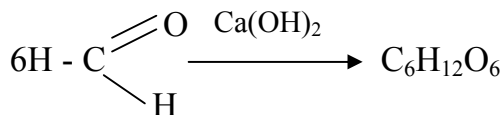
В организме человека и животных глюкоза содержится в мышцах, в крови и в небольших количествах во всех клетках.

В природе глюкоза наряду с другими углеводами образуется в результате фотосинтеза:

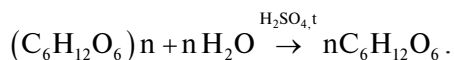


В процессе этой реакции аккумулируется энергия Солнца.

Первый синтез простейших углеводов из формальдегида в присутствии гидроксида кальция был произведён А. М. Бутлеровым в 1861 г.



На производстве глюкозу получают путём гидролиза крахмала в присутствии серной кислоты:



Глюкоза является ценным питательным продуктом. В организме птицы она подвергается сложным биохимическим превращениям, в результате которых энергия освобождается и используется в обменных процессах.

5.2. Белки

Протоплазма и ядра всех клеток животных и растительных организмов построены главным образом из белков. У птицы белки образуют также основы клеточных оболочек и опорных тканей – соединительной, костной, сухожильной и хрящевой. Поэтому птицы содержат белков больше, чем растения.

Аминокислотный состав некоторых животных и растительных белков приведен в табл. 17.

Из таблицы видно, что животные белки содержат по сравнению с растительными значительно больше таких важнейших аминокислот, как лизин, метионин, треонин и валин. Для синтеза своих белков птица должна принять растительных белков не эквивалентное количество, а больше настолько, насколько в них меньше незаменимых аминокислот. В этом заключается одна из причин

большого расходования кормов на единицу продукции. В связи с этим возникла проблема регулирования аминокислотного питания.

Таблица 17

Аминокислотный состав некоторых животных и растительных белков, % к сырому протеину

Аминокислота	Молоко коровье	Мясо говяжье	Яйцо куриное	Кукуруза		Овёс, зерно	Жмых хлопчатниковый	Отруби пшеничные
				растение	зерно			
Сырой протеин	3,6	20,0	12,4	2,2	10,7	10,0	35,0	15,5
Аргинин	3,5	6,7	6,2	5,9	4,1	6,0	10,2	6,1
Гистидин	2,5	3,1	2,1	1,9	2,1	1,7	2,7	2,5
Изолейцин	6,2	5,3	6,2	13,0	4,6	4,5	4,1	4,1
Лейцин	9,8	8,6	9,0	13,0	12,2	7,1	5,9	6,0
Лизин	7,8	8,5	6,3	5,8	2,9	3,3	4,3	3,6
Метионин	2,7	2,2	3,2	2,5	1,9	1,5	1,2	1,2
Цистин (цистеин)	0,9	1,4	2,3	-	1,0	1,5	1,6	1,4
Фенилаланин	5,2	4,0	5,7	4,7	4,8	5,0	5,3	3,5
Треонин	4,4	4,0	4,9	4,6	3,5	3,2	3,2	2,7
Триптофан	1,4	1,1	1,1	1,2	0,8	1,3	1,4	1,2
Валин	6,6	5,9	7,0	3,6	5,4	5,4	4,8	4,9
Глицин	1,9	7,3	4,0	-	3,5	4,1	-	-

Почти все продукты птицеводства являются концентратами высококачественного для питания человека белка. Известно, что птица не может синтезировать белок из низкомолекулярных источников азота, углерода, водорода и кислорода. Из таких исходных веществ белок образуется растениями, некоторыми микробами, а животный организм, принимая белки растений, перестраивает и накапливает их в соответствии с потребностями тканей и органов.

Белки обладают большой динамичностью, этим и определяется их особая роль в развитии живой природы. Они способны к развитию в процессе обмена веществ и энергии с окружающей средой, испытывая многочисленные превращения под влиянием ферментов

и в то же время сами (по крайней мере, многие из них) являются ферментами, т.е. ускорителями бесчисленных химических процессов, протекающих в организме птицы и даже вне его.

В птицеводстве с этими свойствами белков приходится встречаться постоянно, так как обмен веществ, лежащий в основе развития и продуктивности, осуществляется при помощи ферментов.

Большое значение для птицеводства имеют иммунологические свойства белков. В крови образуются так называемые антитела, т.е. вещества, способные нейтрализовать введенный белок. При накоплении в крови антител птица становится невосприимчивой к заражению тем белком, который вызвал образование антител, т.е. у нее вырабатывается иммунитет. Антитела тоже являются белками и чаще всего относятся к гамма-глобулинам. Белки, вызывающие образование антител, называются антигенами. Иммунобиологическим реакциям присуща очень высокая специфичность, каждому белку соответствует определенное антитело. Эту особенность иммунитета обычно используют для распознавания отдельных белков. С этой целью опытное животное иммунизируют определенным белком. Затем неизвестные белки обрабатывают сывороткой крови иммунизированной особи. Положительная реакция свидетельствует о содержании того белка, против которого в сыворотке имеются антитела. В процессе жизнедеятельности организма белки, несомненно, претерпевают изменения, которые соответствуют потребностям птицы в данный момент.

5.2.1. Белковые вещества тела птицы и продуктов их жизнедеятельности

Если взять целые тушки разных видов птицы, гидролизовать их и определить аминокислотный состав их

суммарных белков, то окажется, что он у всех почти одинаковый.

Беспозвоночные резко отличаются малым содержанием глицина, что, по-видимому, связано с отсутствием у них скелета, богатого глицином. У птицы отмечено повышенное количество цистина, обусловленное значительным содержанием его в пухо-перьевом покрове.

Близкое сходство аминокислотного состава общего белка тела животных разных видов не служит прямым доказательством сходства их белков. Это скорее свидетельствует о том, что материальной основой тела всех животных является белок с более или менее определенным набором аминокислот, соответствующих требованиям организма. Это фонд аминокислот, используя которые, организм может строить такие белки, какие ему нужны в данный период его жизни.

Качество белков зависит не только от количества входящих в их состав аминокислот, но и от расположения их в молекуле белка. Согласно законам изомерии, из 20 разных аминокислот можно получить очень большое количество сочетаний, а следовательно, и разных белков, различающихся последовательностью аминокислот в их молекулах.

При дальнейшем изучении белков организмов животных выявлены существенные различия в аминокислотном составе белков отдельных органов и тканей.

Эти различия дают возможность предполагать, что функции органов связаны с аминокислотным составом их белков. В самом деле, что лежит в основе специфичности функций тканей и органов птицы? Поскольку в основе структуры и обмена веществ каждой клетки находятся белки, то логично предположить, что они также лежат в основе их физиологических свойств. Некото-

рым подтверждением такого предположения может быть сходство аминокислотного состава белков определенных тканей и органов у разных видов животных и птицы.

5.2.2. Классификация белков

Белки делятся на простые, или протеины, которые при гидролизе распадаются только на аминокислоты, и сложные, или протеиды, в результате гидролиза которых, кроме аминокислот, выделяются другие соединения – фосфорная кислота, углеводы, нуклеиновые кислоты и др. В каждую из этих групп входят многие белки, содержащиеся в организме животных и растений. К протеинам относятся следующие важнейшие белки: альбумины, глобулины, протамины, гистоны, протеиноиды.

Альбумины и глобулины обычно вместе содержатся во всех животных и растительных организмах. Они отличаются главным образом растворимостью: альбумины в воде растворимы, а глобулины нет. И те и другие нерастворимы в насыщенном растворе серно-кислого аммония, а в полунасыщенном растворе этой соли глобулины также выпадают в осадок, тогда как альбумины при этих условиях находятся в растворе. На этом свойстве основано отделение альбуминов от глобулинов в сыворотке крови.

В нормальных условиях содержание альбуминов и глобулинов почти постоянно, и поэтому отношение альбуминов к глобулинам, или так называемый белковый коэффициент, довольно характерно для здоровых животных. При нарушениях обмена веществ он изменяется, поэтому для выяснения состояния здоровья птицы часто определяют белковый коэффициент. Альбумины от глобулинов отличаются и по аминокислотному составу. Имеются сведения о том, что частицы альбуминов мень-

ше, чем глобулинов, и что иммунные тела в крови связаны преимущественно с глобулинами.

Протамины и гистоны – белки, содержащие большое количество диаминомонокислот (в гистонах до 30 %, в протаминах до 80 %), обладают щелочными свойствами. Протамины – это низкомолекулярные белки (молекулярная масса около 10000). Гистоны в больших количествах содержатся в белках эритроцитов и зубной железы.

Протеиноиды – белки опорных тканей – костей, хрящей, сухожилий. Много в перьях. Они богаты цистином, нерастворимы, пищеварительными ферментами не гидролизуются и не имеют пищевого значения.

5.2.3. Свойства белков

Физические свойства. Белки представляют собой твердые вещества, многие из них выделяются из растворов в виде кристаллов (альбумины, гемоглобины, некоторые ферменты, глобулины), другие постоянно остаются в аморфном, порошкообразном состоянии. Белковые кристаллы обычно несимметричны; мягкие и хрупкие, они при высушивании теряют часть кристаллизационной воды, становятся твердыми, роговыми, мутными.

Белки активно взаимодействуют с водой, в ней они набухают и дают гель (желатинизация) или подвижный жидкий золь, по виду напоминающий раствор. Благодаря многообразию форм связи с водой белки образуют любую структуру, отвечающую требованиям организма (от жидкой – кровь до твердой – перо).

Многие белки растворяются в воде (образуют золи), лучше – в присутствии слабых концентраций кислот, щелочей и солей. Сильные кислоты и соли тяжелых металлов осаждают белки из растворов. Полунасыщенный

раствор серно-кислого аммония осаждает глобулины, а насыщенный – альбумины. Это свойство характерно для альбуминов и глобулинов и его используют для выделения их из раствора. Действие на белки крепкими кислотами и солями тяжелых металлов приводит к глубокому их изменению, к денатурации, вследствие чего такие белки вновь не растворяются. Белки денатурируются также при нагревании выше 75° . Кроме желатины, все белки при кипячении свертываются. На этом основана стерилизация предметов нагреванием или кипячением.

Элементарный состав белков. Несмотря на огромное многообразие белков в живой природе, все они состоят из пяти элементов: азота (N), кислорода (O), углерода (C), водорода (H) и серы (S). Количество этих элементов почти одинаково у всех белков. Азота в них содержится в среднем 16 %, углерода – 53, кислорода – 22, водорода – 7 и серы – 2 %. По методу Кьельдаля количество белка в биологических образцах (мясо, яйца, корма) определяют по азоту. Сначала химическим способом устанавливают содержание азота, потом, учитывая, что его в белке 16 %, умножают полученные цифры на 6,25.

Молекулярная масса белков. Молекулы белков состоят из очень большого числа аминокислотных остатков, что обуславливает их высокую молекулярную массу – от десятков тысяч до нескольких миллионов. Например, молекулярная масса альбумина молока равна 17400, яйца – 45000, каталазы печени – 225000.

Химические свойства белков. Химические свойства всякого органического вещества, в том числе и белков, обусловлены главным образом содержащимися в их молекулах функциональными группами. Поскольку белки построены из аминокислот, то и функциональными группами их будут карбоксильная ($-\text{COOH}$) и аминная ($-\text{NH}_2$).

Поскольку аминогруппа обладает щелочными свойствами, а карбоксильная – кислотными, то белки являются одновременно слабыми щелочами и кислотами, т.е. амфотерными соединениями. Они способны, подобно аминокислотам, взаимодействовать по аминогруппе с веществами, обладающими кислотными свойствами, и одновременно по карбоксильной с веществами щелочного характера образуют важные для жизнедеятельности животных соединения, играя в то же время роль буферных систем. В этом проявляется одна из сторон высокой динамичности белковых веществ.

Следует отметить, что белки действуют своими функциональными группами только в том случае, когда они находятся в свободном состоянии.

Кроме аминной и карбоксильной, свойственных всем аминокислотам, некоторые аминокислоты в своей молекуле содержат другие функциональные группы, оказывающие влияние на химические свойства белков. Важнейшими из них являются: сульфгидрильная (SH–) цистеина, дисульфидная (–S–S–) цистина, фенольная

(ОН––) тирозина, индольная () триптофана.

Если эти группы находятся в свободном состоянии, то белки вступают по ним в химическое взаимодействие с другими веществами. Например, сульфгидрильной группой белки вступают в реакции с аскорбиновой кислотой, перекисью водорода, йодом, медью, ртутью, серебром. По дисульфидным группам белки легко реагируют с восстановителями.

Большое значение имеют белковые комплексы, образованные с белками, металлами, красителями, лекарствами, мочевиной и т.д. К таким относятся, например: антиген – антитело, актин – миозин, фермент – субстрат

и т.д. В этих соединениях проявляются не только химические, но и физико-химические свойства белков.

Важным химическим свойством белков является их способность к гидролизу, или распаду, под влиянием присоединяющихся молекул воды.

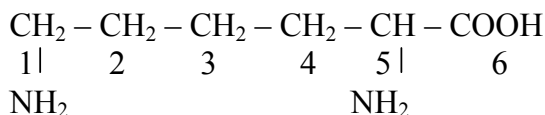
При гидролизе с присоединением каждой молекулы воды будет разрываться по одной пептидной связи.

В зависимости от условий белки при гидролизе могут дробиться сперва на полипептиды, а затем на пептиды и аминокислоты. Гидролиз белков происходит под влиянием специальных ферментов (гидролаз), сильных кислот и щелочей. Схематично гидролиз белков протекает так: белок – полипептиды – дипептиды – аминокислоты.

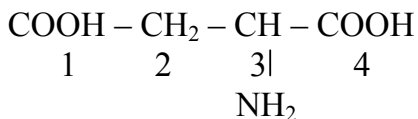
5.2.4. Строение белков

Уже указывалось, что белки состоят из остатков аминокислот. Высокая молекулярная масса белков указывает на то, что в их молекулы входит большое количество аминокислотных остатков.

Главная связь аминокислот в белках – пептидная ($-\text{NH}-\text{CO}-$). В образовании ее участвуют только α -аминогруппы и соседние с ними карбоксильные группы. Например, в лизине



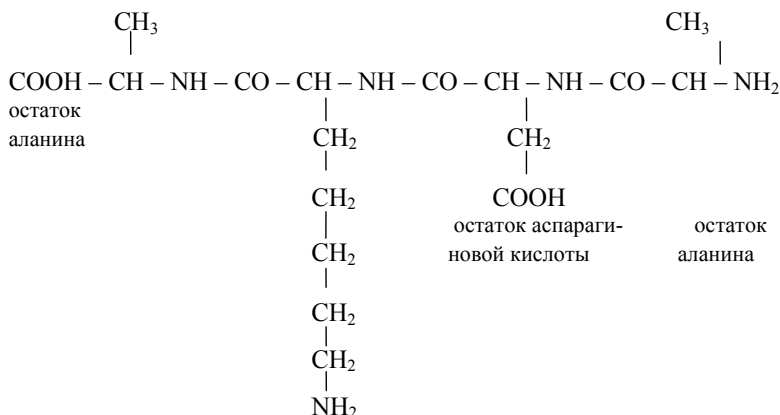
из двух аминогрупп взаимодействовать с другой аминокислотой будет только та, которая находится рядом с карбоксильной группой, при пятом атоме углерода, т. е. α -аминогруппа. В аспарагиновой кислоте



вступает в реакцию так же α -аминогруппа, а из двух карбоксильных групп только стоящая рядом с аминок группой, т.е. с четвертым атомом углерода. При взаимодействии этих двух аминокислот получается дипептид следующего строения:



У этого дипептида остаются свободными две аминные и две карбоксильные группы, но вступать в реакцию с новыми аминокислотами они будут карбоксилком с шестым углеродным атомом в остатке лизина и α -аминогруппой в остатке аспарагиновой кислоты. В случае присоединения двух молекул аланина образуется тетрапептид следующего строения:



С присоединением новых аминокислот полипептидная цепочка будет удлиняться, но схема ее строения останется постоянной, а именно: аминокислотные остатки

связаны между собой пептидной связью $-\text{CO}-\text{NH}-$, образованной α -аминогруппами и карбоксильными группами. Углеродные радикалы занимают боковое положение, а свободные функциональные группы расположены по концам цепочки. При достижении больших размеров, с определенной последовательностью аминокислот, полипептиды приобретают свойства белков. Количество и последовательность аминокислот в молекуле определяют первичную структуру белка.

Как известно, аминокислоты отличаются друг от друга углеродными радикалами и числом функциональных групп. В полипептидной цепочке различные радикалы и свободные группы, находящиеся сбоку от главной оси, взаимодействуя друг с другом, влияют на ее конфигурацию, скручивают ее, придавая ей часто форму спирали. Такая форма называется вторичной структурой белка.

На пространственную конфигурацию полипептидных цепочек в молекулах белков оказывают большое влияние дисульфидные мостики ($-\text{S}-\text{S}-$), образующиеся между атомами серы цистеина. Существуют и другие формы связи между разными атомами (водородная, ионная), участвующие в формировании структуры белков. Укладка цепочек в определенном порядке создает третичную структуру белков. Объединение нескольких белков в единую ассоциацию называется четвертичной структурой.

Доказано, что структуры обычно определяют специфическое действие белков, например ферментативное и т.д.

Белки называются глобулярными, если их пептидные цепочки объединены в форму шара. При укладке цепочек в виде длинных нитей, или волоконце, белки называются фибриллярными. Глобулярные белки растворимы в воде и слабых растворах солей. К ним относятся белки крови,

молока, лимфы, ферменты. Фибриллярные белки содержатся в мышцах, коже, волосах, сухожилиях. Они плохо или вовсе нерастворимы в воде.

5.2.5. Синтез белков в организме птицы

Синтез белков является важнейшим свойством живой природы. С ним связаны возникновение, развитие и хозяйственно полезная деятельность организмов. Производство полноценного белка – важнейшая задача птицеводства – осуществляется путем его синтеза. Поэтому изучение синтеза белка относится к числу важнейших проблем науки.

В биосинтезе белка, т. е. в образовании его живой природой, имеются две стадии. Первая стадия – синтез аминокислот из простых источников: азота, углерода, водорода и кислорода и вторая – синтез белка из аминокислот. Растения и многие микроорганизмы способны осуществлять обе эти стадии, а животные только вторую – синтез белка из готовых аминокислот. Поэтому птица может жить и развиваться только при условии снабжения её готовыми аминокислотами, особенно незаменимыми. Вследствие этого считается совершенно обязательным, чтобы корм в полной мере обеспечивал её потребность в аминокислотах.

В кормах свободных аминокислот очень мало. Они находятся там в связанном состоянии в белках. В процессе пищеварения кормовые белки распадаются на аминокислоты, которые, всасываясь в кровь, поступают в распоряжение организма. Из этих аминокислот в печени и других органах осуществляется синтез белка, специфичного для разных тканей и производных организма – молока, яиц, шерсти и т. д. Белки тканей и органов животных по аминокислотному составу весьма специфичны и, как прави-

ло, очень мало изменяются от аминокислотного состава кормовых белков.

Белки тела животных синтезируются тем полнее и быстрее, чем лучше организм снабжается аминокислотами. При недостатке той или иной незаменимой аминокислоты в рационе организм выделяет ее из белков других своих менее важных тканей и таким образом обеспечивает синтез необходимых белков.

Синтез белка начинается с образования пептидов. Соединение двух аминокислот с образованием пептидной связи требует большого расхода энергии. Поэтому в растворе аминокислоты без наличия доступных источников энергии в реакции между собой не вступают.

В организме аминокислоты перед вступлением в реакцию синтеза белка активизируются путем образования с аденозинтрифосфориой кислотой (АТФ) ацил-аденилата, обладающего достаточным для образования пептидной связи запасом энергии. Активация аминокислот происходит под влиянием специальных ферментов [19].

После активации аминокислот синтез белка осуществляется при непосредственном участии нуклеиновых кислот – РНК (рибонуклеиновая кислота) и ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). РНК (растворимая) освобождает аминокислоту от фермента и переносит ее на мельчайшие частицы клеток – микросомы – место синтеза белка. Затем другая РНК (информационная) располагает аминокислоты в молекуле белка в той последовательности, которая характерна для данного белка.

«Наследственная» структура белков формируется в ДНК, но передается непосредственно белку информационной РНК. Сами нуклеиновые кислоты синтезируются под влиянием ферментов, являющихся белками.

Этапы синтеза белков:

Аминокислоты → Аденилаты → Растворимые РНК →
Информационные РНК → Белок

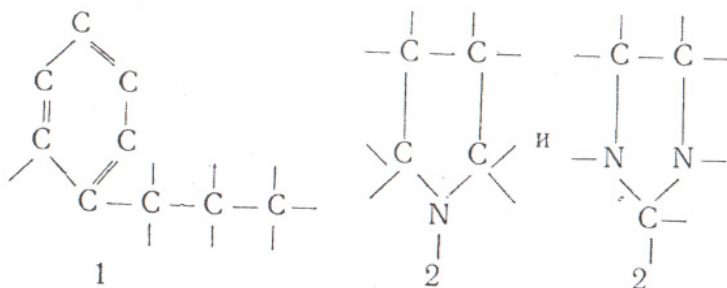
Таким образом, между белками и нуклеиновыми кислотами в процессах их биосинтеза существует тесная взаимосвязь.

5.3. Аминокислоты

5.3.1. Состав, строение, классификация и номенклатура

Аминокислоты – это химические вещества, состоящие из углерода (С), азота (М), водорода (Н) и кислорода (О). В состав некоторых аминокислот (метионин, цистеин, цистин), кроме того, входит сера (S). Благодаря определенному расположению этих атомов внутри молекул аминокислоты имеют своеобразную структуру и характерные химические свойства [12].

В природе существует много видов аминокислот, но в большинство белков почти постоянно входят 20. Углеродные атомы в молекулах аминокислот, которых имеется от 2 до 9, образуют скелет в виде открытой цепочки типа $\text{—}\overset{\text{I}}{\underset{\text{I}}{\text{C}}}\text{—}\overset{\text{I}}{\underset{\text{I}}{\text{C}}}\text{—}\overset{\text{I}}{\underset{\text{I}}{\text{C}}}\text{—}\overset{\text{I}}{\underset{\text{I}}{\text{C}}}\text{—}$, одного шестичленного кольца, соединенного с трехчленной цепочкой (1), пятичленного кольца, образованного из атомов углерода и азота (2):



В молекуле очень важной аминокислоты – триптофана – шестичленный цикл сочетается с пятичленным. По типу строения молекул аминокислоты, как и все органические соединения, делятся на жирные, имеющие углеродный скелет в виде открытой цепочки, ароматические – с шестичленным кольцом и гетероциклические, содержащие цикл из атомов углерода и азота.

Общие сведения о составе, строении, классификации и названии аминокислот приведены в табл. 18.

Специфический признак классификации аминокислот – количество функциональных групп, содержащихся в их молекулах. Аминокислоты содержат две функциональные группы, определяющие их химические свойства, – аминную группу --NH_2 и карбоксильную --COOH . Структура молекулы тоже оказывает известное влияние на химические свойства аминокислот, но только в отдельных реакциях. Аминная группа характерна для особого класса органических соединений – аминов. Карбоксильная группа свойственна органическим кислотам [102, 103].

Таким образом, аминокислоты, содержащие в своих молекулах аминную и карбоксильную группы, являются одновременно аминами и кислотами. Их можно изобразить формулой

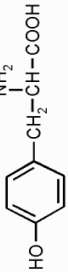
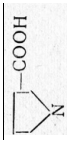
$\text{NH}_2\text{--R--COOH}$, где R – любой углеродный скелет.

В молекуле большинства аминокислот имеется по одной аминной и карбоксильной группе. Эти аминокислоты называются моноаминомонокарбоновыми. Некоторые аминокислоты содержат в своих молекулах по две аминные группы и по одной карбоксильной. Такие аминокислоты составляют группу диаминомонокарбоновых. Существуют аминокислоты с двумя карбоксильными и одной аминной группой – моноаминодикарбоновые.

Таблица 18

Аминокислоты

Название		Формула	Заменяемость
цивильное	рациональное		
1	2	3	4
С открытой углеродной цепочкой (жирного ряда)			
<i>Моноаминомонокарбоновые</i>			
Глицин	Аминокусная	$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	Незаменимая для цыплят
Аланин	Аминопропионовая	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Заменяемая
Валин	Аминоизовалериановая	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	Незаменимая
Лейцин	Аминокaproновая	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Незаменимая
Изолейцин	Аминометилвалериановая	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$	Незаменимая
<i>Оксиаминомонокарбоновые</i>			
Серин	Аминооксипропионовая	$\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Заменяемая
Треонин	Аминомасляная	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Незаменимая
<i>Моноаминодикарбоновые</i>			
Аспарагиновая	Амиоантарная	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Заменяемая
Глутаминовая	Аминоглутаровая	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Заменяемая
<i>Диаминомонокарбоновые</i>			
Аргинин	Аминогуанидининов- лериановая	$\text{HN} - \text{C}(\text{NH}_2) - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ $\quad \quad \quad - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Полузаменяемая

1	2	3	4
Лизин	Диаминокапроновая	$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ $- \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Незаменимая
<i>Серосодержащие</i>			
Цистин	Диаминопропионилди- сульфит	$\text{HOOC} - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{S} -$ $- \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Полузаменимая
Цистеин	Аминокaproтеиновая	$\text{HSCH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Полузаменимая
Метионин	Аминометилтиомасляная	$\text{CH}_3 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$	Незаменимая
<i>Ароматические аминокислоты</i>			
Фенилаланин	Аминофенилпропионовая		Незаменимая
Тирозин	Аминооксифенилпро- пионовая		Заменимая
<i>Гетероциклические</i>			
Триптофан	Аминоиндолпропионовая		Незаменимая
Гистидин	Аминоимидазолпропионовая		Незаменимая
Пролин	Пирролидинкарбоновая		Заменимая

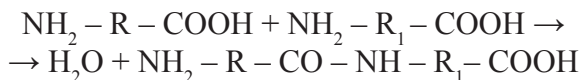
В особую группу входят аминокислоты, в молекуле которых, кроме аминной и карбоксильных групп, содержится атом серы. Часто их называют серосодержащими. В состав серина и треонина, кроме аминной и карбоксильной групп, входит оксигруппа (–ОН).

5.3.2 Химические свойства

Химические свойства аминокислот определяются главным образом функциональными группами. Карбоксильная группа обладает кислотными функциями, поэтому аминокислоты при взаимодействии с другими веществами проявляют свойства кислоты. Со щелочами они образуют соли, например, $\text{NH}_2 - \text{R} - \text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_2 - \text{R} - \text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$. Для аминогруппы характерны функции основания. Поэтому аминокислоты, взаимодействуя с кислотами, нейтрализуются, превращаясь в соли по реакции:



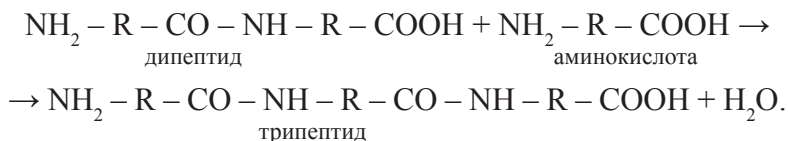
Таким образом, аминокислоты являются амфолитами, т.е. одновременно кислотами и основаниями. У моноаминокислот функции кислоты и основания уравновешены, и поэтому реакция их на лакмус нейтральная. Моноаминодикарбоновые аминокислоты обладают больше кислотными свойствами, так как в их молекуле карбоксильных групп больше, чем аминных. У диаминомонокарбоновых аминокислот, наоборот, явно выражены свойства оснований, так как в их молекулах преобладают аминогруппы. Вследствие проявления противоположных свойств аминокислоты способны взаимодействовать друг с другом. Схематически эту реакцию можно изобразить так:



Но в результате реакции образуется не соль, а специфическое соединение – пептид (первая ступень к образова-

нию белка). Пептид, образовавшийся из двух аминокислот, называется дипептидом. У него сохраняются одна аминная и одна карбоксильная группы, с которыми могут взаимодействовать другие аминокислоты, и тогда будут образовываться трипептиды, затем тетрапептиды, пентапептиды и т.д.

Пептиды, состоящие из нескольких остатков аминокислот, называются полипептидами.



Способность аминокислот взаимодействовать друг с другом и давать при этом полипептиды имеет исключительно большое значение, так как она лежит в основе образования белков.

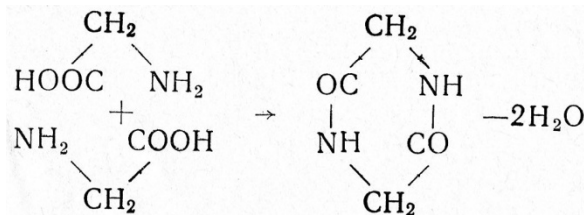
Многие полипептиды сами по себе играют большую биологическую роль. Например, в теле жвачных имеется построенный из остатков глютаминовой кислоты, цистеина и глицина трипептид, получивший название глутатион, который участвует в процессах обмена веществ. Гормоны задней доли гипофиза – окситоцин и вазопрессин – являются октапептидами, состоящими из остатков восьми разных аминокислот. Большой биологической активностью обладают и многие другие полипептиды.

Пептиды разной степени сложности появляются при гидролизе белков. Конечные продукты гидролиза белков – аминокислоты.

Таким образом, пептиды, кроме того, что некоторые из них являются биологически активными соединениями, играют роль промежуточных веществ, образующихся при синтезе и гидролизе белков. В этом заключается большое значение химической реакции, протекающей между аминной и карбоксильной группами разных аминокислот. Так как в результате этой реакции образуются

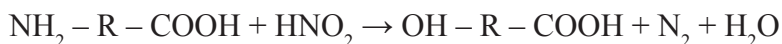
пептиды, то связь между остатками аминокислот в пептидах ($-\text{NH} - \text{CO} -$) называется пептидной. Доказано, что эта связь — главная в белковых молекулах.

Аминокислоты могут взаимодействовать друг с другом не только одной аминной или карбоксильной группой, но и обеими группами одновременно по типу:



В результате такой реакции получают циклические пептиды из разного количества аминокислотных остатков. Циклический пептид, состоящий из двух остатков глицина, как это показано в реакции выше, называется diketопиперазином. Высказано предположение, что циклы из аминокислот существуют в некоторых белках.

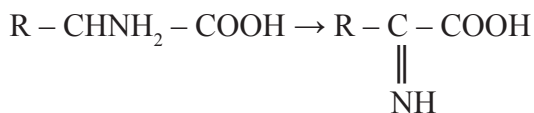
Характерно взаимодействие аминокислот с азотистой кислотой. При этой реакции аминогруппа аминокислоты замещается гидроксильной группой ($-\text{OH}$), атом азота аминогруппы объединяется с атомом азота азотистой кислоты и выделяется в виде молекулярного азота, который может быть собран и измерен. Реакция протекает следующим образом:



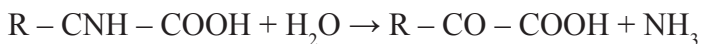
Эта реакция лежит в основе количественного определения азота аминогрупп (аминного азота) по Ван-Слайку. Как видно из реакции, только половина выделяющегося при этом азота принадлежит аминокислоте, а другая половина — азотистой кислоте. Поэтому, чтобы узнать количество аминного азота в пробе, полученное по Ван-Слайку число делят на два.

С азотистой кислотой взаимодействуют только свободные или открытые аминогруппы, которые увеличиваются в белках по мере гидролиза. Поэтому по нарастанию аминного азота судят о степени гидролиза белков, т.е. о распаде вследствие присоединения молекул воды.

Большое значение имеет так называемая реакция дезаминирования, при которой аминокислоты превращаются в кетокислоты, а аминогруппы отделяются в виде аммиака. Эта реакция протекает в две стадии. Сначала аминокислота окисляется:

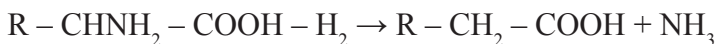


Затем аминокислота, взаимодействуя с водой, выделяет аминогруппу в виде аммиака, а сама превращается в кетокислоту:

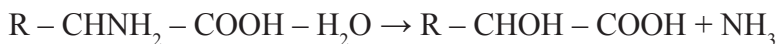


Поскольку реакция начинается с окисления аминокислоты, то дезаминирование называется окислительным. Эта реакция протекает в организме птицы и имеет большое биологическое значение.

Кроме того, в организме птицы обнаружены еще два вида дезаминирования – восстановительное, в результате которого аминокислота превращается в обычную органическую кислоту, а аминогруппа отделяется в виде аммиака:



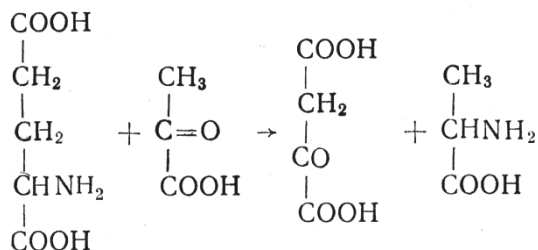
и гидролитическое, протекающее с присоединением воды, по реакции



При гидролитическом дезаминировании также выделяется аммиак, но сама аминокислота превращается в оксикислоту.

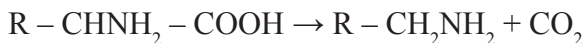
Дезаминирование аминокислот катализируется в организме специфичными ферментами. В организме птицы дезаминированию подвергаются обычно те аминокислоты, которые не идут на синтез белка, а используются либо в качестве источника энергии, либо для синтеза нужных безазотистых веществ, например жиров и углеводов.

В обмене белков и аминокислот весьма большую роль играет реакция переаминирования аминокислот. При этой реакции аминогруппа переходит от аминокислоты на кетокислоту, и исходная аминокислота превращается в кетокислоту, а принявшая аминогруппу кетокислота становится соответствующей аминокислотой.



Реакция переаминирования протекает в организме птицы, растений и микробов и катализируется ферментами трансаминазами, специфическими для каждой аминокислоты.

В межуточном обмене веществ важную роль играет также реакция декарбоксилирования аминокислот, при которой аминокислота теряет карбоксильную группу:



При декарбоксилировании аминокислоты выделяется молекула углекислого газа и амин. Декарбоксилирование катализируется ферментами декарбоксилазами, широко распространенными в живой природе.

Многие из аминов, образующихся при декарбоксилировании аминокислот, являются токсичными веществами (например, путресцин и кадаверин, выделяющиеся при де-

карбоксилировании орнитина и лизина). Некоторые амины обладают высокой физиологической активностью, например гистамин усиливает секрецию пищеварительных желез и т. д.

С некоторыми веществами аминокислоты образуют окрашенные соединения, что используют в лабораторной практике для качественного и количественного их определения. Так, с нингидрином аминокислоты дают сине-фиолетовое окрашивание, интенсивность которого пропорциональна концентрации аминокислот.

Есть вещества, которые дают весьма прочные соединения с аминокислотами, взаимодействуя с ними либо по аминогруппе, либо по карбоксильной группе. Так, с 1-фтор-2,4-динитробензолом аминокислоты реагируют своей аминогруппой. Связь аминокислот с 1-фтор-2,4-динитробензолом гораздо прочнее, чем связь аминокислот друг с другом посредством пептидной связи ($-\text{CO}-\text{NH}-$). Поэтому при воздействии на белок 1-фтор-2,4-динитрофенол связывается с той аминокислотой, которая находится в конце белковой цепочки и имеет свободную аминогруппу. Если затем этот белок гидролизовать, то пептидные связи порвутся, аминокислоты выделятся в свободном состоянии, но концевая аминокислота со свободной аминогруппой отделится в соединении с 1-фтор-2,4-динитробензолом. Анализ этого соединения позволяет определить аминокислоту, находящуюся в конце белковой цепи, со свободной аминогруппой.

Таким образом, современная биохимия располагает методами определения в белковых цепочках концевых аминокислот. Применяя эти методы на продуктах постепенного гидролиза, устанавливают последовательность аминокислотных остатков в цепочках белковых молекул. Так была выяснена последовательность аминокислотных остатков в молекуле рибонуклеазы, инсулина, в белке вируса табачной мозаики и т. д.

5.3.3. Физические свойства

Все аминокислоты представляют собой белые кристаллические вещества, стойкие при обычных условиях хранения. Их основные физические свойства приведены в табл. 19.

Таблица 19

Физические свойства аминокислот

Аминокислота	Молекулярная масса	Точка плавления, °С	Растворимость в 100 г воды при 25°С	Содержание азота, %	Изоэлектрическая точка (pH)
Аланин	89,06	297 (разлагается)	16,51	15,73	6,00
Аргинин	174,14	207	15,0 (25 °С)	32,18	10,76
Аспарагиновая кислота	133,06	270	0,50	10,53	2,77
Валин	117,09	298 (разлагается)	8,85	11,16	5,96
Гистидин	155,09	251	4,29	27,00	7,59
Глицин	75,05	240 (разлагается)	24,99	18,67	5,97
Глутаминовая кислота	147,08	206 (разлагается)	0,84	9,52	3,22
Изолейцин	131,11	280 (разлагается)	4,12	10,68	6,02
Лейцин	131,11	295	2,19	10,68	5,98
Лизин	146,13	252 (разлагается)	Легко	19,17	9,74
Метионин	149,15	283	3,35	9,39	5,74
Оксипролин	131,08	270	36,11	10,69	5,83
Пролин	115,08	222	162,3	12,17	6,30
Серин	105,06	228	5,023	13,33	5,68
Тирозин	181,09	314 (разлагается)	0,045	7,74	5,66
Триптофан	204,11	289	1,14	13,72	5,89
Треонин	119,08	253	20,05	11,75	6,16
Цистеин	121,12	178 (хлоргидрат)	Очень легко	11,56	5,07
Цистин	240,23	261	0,011	11,66	4,60
Фенилаланин	165,09	283 (разлагается)	3,00	8,49	

Из таблицы видно, что аминокислоты плавятся при температуре выше 200 °С. Многие из них при плавлении

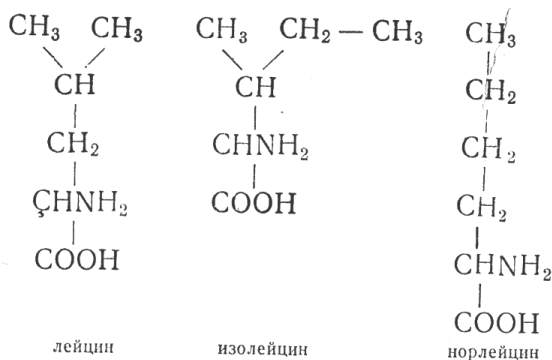
нии разлагаются. Водные растворы аминокислот также довольно стойки. Автоклавирование при температуре 100–200 °С выдерживают без разложения. При кислотном гидролизе белков окисляется с разрушением значительная часть триптофана и некоторое количество цистина, серина и треонина. Поэтому для определения триптофана белки гидролизуются щелочью. В спирте аминокислоты, за исключением пролина, растворяются очень плохо.

Важное свойство аминокислот – их изоэлектрическая точка, т.е. показатель концентрации водородных ионов (рН) раствора, при которой растворенное вещество является электронейтральным и поэтому не передвигается в электрическом поле ни к положительному, ни к отрицательному полюсу.

В настоящее время степень передвижения веществ в электрическом поле используется для выделения их из смесей и количественного определения (метод электрофореза). Сведения об изоэлектрической точке таких веществ, в частности аминокислот, стали представлять существенный интерес.

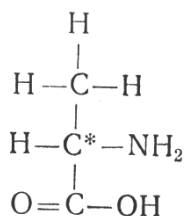
Аминокислоты характеризуются также оптической активностью, выражаемой показателем удельного вращения плоскости поляризованного света.

Изомерия аминокислот. Аминокислотам свойственны две формы изомерии – структурная и оптическая. Структурная изомерия проявляется в разном строении углеродной цепочки аминокислот, имеющих один и тот же атомный состав и молекулярную массу. Например, три аминокислоты – лейцин, изолейцин, норлейцин имеют одну и ту же эмпирическую формулу – $C_6H_{13}NO_2$, но отличаются строением углеродной цепочки:



Вследствие разного строения углеродного скелета эти три лейцина, несмотря на одинаковый состав и молекулярную массу, несколько различаются как физически, так и биохимическими свойствами.

Особенно большое значение имеет оптическая изомерия аминокислот. Как известно, она свойственна лишь тем органическим соединениям, в молекуле которых имеется один или больше асимметрических атомов углерода, т.е. таких атомов углерода, все четыре валентности которых замещены разными атомами или группами атомов. Асимметрические атомы углерода обозначаются звездочкой (*). Возьмем для примера аланин и представим его структуру:

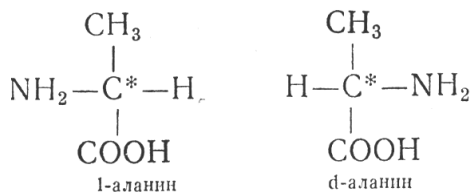


Напомним, что принято первым считать углерод карбоксила, вторым – углерод, стоящий рядом с карбоксильной группой и т.д. Принято также соседний с карбоксилем углерод обозначать греческой буквой

альфа (α), второй от карбоксила – буквой бета (β), затем гамма (γ) и т. д.

В формуле аланина α -углерод всеми четырьмя валентностями связан с разными атомами и группами. Внизу он связан с карбоксилем ($-\text{COOH}$), сверху – с радикалом $-\text{CH}_3$, слева – с атомом водорода ($-\text{H}$) и справа – с аминогруппой ($-\text{NH}_2$). Это и есть асимметрический атом углерода, при наличии которого теряется симметрия всей молекулы.

Соединения с асимметрическим атомом углерода оптически активны, они вращают проходящую через их раствор плоскость поляризованного луча света вправо или влево, в зависимости от положения молекулы в пространстве. Условно оптические изомеры изображают как зеркальное отражение друг друга и обозначают правовращающий изомер буквой d, а левовращающий – буквой l. Например, оптические изомеры аланина изображаются следующим образом:



Смесь оптических изомеров оптически не деятельна, она не вращает плоскости поляризованного луча и называется рацемической смесью, или рацематом, и обозначается буквами dl.

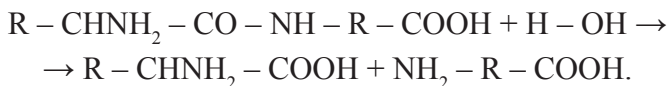
Важно отметить, что природные белки, как правило, состоят из левовращающих (l) аминокислот. При химическом синтезе аминокислот всегда образуется рацемат, т. е. равное количество l- и d-форм. Микробы синтезируют только d-формы. Птица лучше используют l-форму аминокислот.

5.3.4. Способы получения аминокислот

Свободных аминокислот в природе мало. Все способы получения аминокислот можно разделить на гидролитические и синтетические.

Гидролитические способы заключаются в гидролизе белковых веществ и выделении из них отдельных аминокислот. Гидролизом называется распад сложных соединений на составные части путем присоединения молекул воды.

Если к белку по месту пептидной связи присоединять воду, то эта связь рвется, и белок распадается на пептиды и аминокислоты по схеме:



Переваривание белков в желудке птицы представляет собой процесс ферментативного гидролиза их на аминокислоты. В лабораторных и заводских условиях чаще всего применяют кислотный гидролиз.

В результате гидролиза образуется смесь входящих в белок аминокислот – гидролизат, из которого отдельные аминокислоты выделяют разными способами – осаждением специфическими реагентами, образованием эфиров аминокислот или разгонкой на специальных смолах и при помощи электрофореза.

Часто гидролизом белков получают не все аминокислоты, а только те, которые входят в их состав в большом количестве. Так, из желатины получают глицин, из казеина – глютаминовую кислоту, из белков шерсти – цистин и цистеин и т.д.

Синтетические способы получения аминокислот делятся на химические, когда их синтезируют химическим путем в лабораториях или на химических заводах, и микробиологические, когда синтез осуществляется специальными микробами.

В лабораторных условиях химическим способом синтезированы почти все аминокислоты. Для производственных целей, и в первую очередь для нужд животноводства, некоторые аминокислоты синтезируют на химических заводах, например d1-метионин.

За последние годы все более распространенным становится микробиологический синтез аминокислот. Этот метод основан на способности некоторых видов микробов образовывать определенную аминокислоту из простых источников азота и углерода и выделять ее в окружающую жидкую среду в количествах, имеющих практическое значение.

Учёными подобраны штаммы микробов, синтезирующих l-лизин с высокой интенсивностью, и создается микробиологическая промышленность по синтезу лизина.

5.3.5. Биологические свойства отдельных аминокислот

Основным биологическим свойством всех аминокислот является их участие в образовании белка – носителя жизни. Несмотря на целый ряд общих качеств, биологические свойства отдельных аминокислот разные. Индивидуальные свойства каждой аминокислоты проявляются в ее свободном состоянии, а в составе молекулы белка они преобразуются в комплексные свойства. Рассмотрим биологическую роль тех аминокислот, у которых она более или менее хорошо изучена [13, 14].

Глицин (аминоуксусная кислота) участвует в образовании красящего вещества эритроцитов – гемоглобина, креатина, глутатиона, коламина, желчных кислот, уксусной и муравьиной кислот, холина. Обезвреживает бензойную и фенилуксусную кислоты, образуя с ними соответственно гиппуровую и фенацетуровую кислоты. Для

цыпляют глицин является незаменимой аминокислотой. Участвует в образовании и обмене серина и саркозина.

Цистин и цистеин – серосодержащие аминокислоты. Цистеин, окисляясь, превращается в цистин, который при восстановлении образует две молекулы цистеина. Поэтому серосодержащие аминокислоты играют важную роль в окислительно-восстановительных процессах. В белковых молекулах сера цистеина используется для образования между цепочками сульфидных мостиков. Эти аминокислоты в большом количестве входят в состав кератина пера. В рационах цистин частично можно заменять метионином.

При нарушении обмена серосодержащих аминокислот может наступить цистинурия – выделение цистина с мочой.

Метионин содержит в молекуле атом серы и метильную группу ($-\text{CH}_3$), которая используется организмом для метилирования других соединений.

При недостатке метионина в организме наблюдаются ожирение печени, поражение поджелудочной железы, снижение активности сока поджелудочной железы. Выяснена тесная связь метионина в организме птицы с образованием и обменом холина, витамина B_{12} , фолиевой кислоты. Вместе с этим витамином метионин улучшает использование липидов рациона.

Метионин играет в организме большую роль в процессе превращения многих веществ – белков, жиров, гормонов, холестерина.

При длительном скормливании некоторого избытка метионина курам-несушкам в их потомстве было получено больше особей женского пола.

Аспарагиновая и глютаминовая кислоты в организме связывают аммиак с образованием амидов – аспарагина и глютамина, которые служат источниками азота для синтеза новых аминокислот. Принимают активное

участие в процессах переаминирования, содержатся в больших количествах почти во всех белках.

Аргинин – диаминомонокарбоновая кислота, в большом количестве содержится в щелочных белках, играет важную роль в образовании мочевины. Соединение аргинина с фосфорной кислотой – аргининфосфорная кислота – большое значение имеет как переносчик энергии. Отмечено благоприятное влияние аргинина на оперение птиц.

Лизин – диаминокарбоновая кислота. Является незаменимой для всех животных. Во всех растительных кормах содержится в недостаточном количестве. По лизину проведено много исследований, но определенных сведений о его биологической роли и обмене очень мало. Установлено, что в организме он не подвергается биологическому дезаминированию и в отношении превращений неактивен. Из опубликованных материалов известно, что лизин влияет на состояние нервной системы, на содержание в тканях калия, на формирование костной ткани, синтез гемоглобина, образование в тканях и соотношение ДНК и РНК, на развитие эмбрионов, на процессы пигментации и т.д. Возможно, что лизин широко действует на функции организмов, так как при недостатке его в кормах жизнедеятельность и продуктивность животных снижаются. В белковых молекулах лизин связан по α -аминогруппе, ϵ -аминогруппа остается свободной. Иногда при обработке кормов нагреванием или при длительном хранении их свободная ϵ -аминогруппа лизина вступает в реакцию с другими химическими веществами (углеводы, жиры, альдегиды и др.), в результате которой могут образовываться соединения, недоступные для использования птицей. Вследствие этого из общего количества лизина, входящего в белки кормов, 10–20 % часто не используется. Например, в мясокостной муке, полученной при мягкой сушке (при 100 °С в течение 45 мин) доступно 80 % содержащегося в ней лизина, а при

жесткой сушке (стерилизация при 140 °С, высушивание паром под давлением 5–6 атмосфер) – только 60–70%. Эти данные свидетельствуют о неблагоприятном влиянии тепловой обработки корма на усвоение его лизина животными. Предполагается, что низкая (около 65%) доступность лизина хлопчатникового шрота объясняется его химической связью с госсиполом.

Усвояемость лизина птицей не всегда связана с переваримостью протеина корма. Иногда при высокой переваримости протеина доступность лизина бывает низкой. Протеин с заблокированным лизином может всасываться, но плохо использоваться из-за отсутствия ферментов, расщепляющих соединение лизина с другими веществами по ϵ -аминогруппе.

5.3.6. Заменяемые и незаменимые аминокислоты

Биологическая роль лизина, метионина, триптофана, лейцина, изолейцина, треонина, фенилаланина, гистидина, валина и иногда аргинина определяется тем, что они входят в том или ином количестве во все важнейшие белки тела животных, но в организме не синтезируются, другими аминокислотами не заменяются и поэтому называются незаменимыми. Эти аминокислоты должны поступать в организм животных с кормом в готовом виде и в количестве, соответствующем их потребностям. Недостаток в рационе одной или нескольких из 10 незаменимых аминокислот очень неблагоприятно отражается на состоянии животных: молодняк перестает расти, плохо развивается, а взрослые животные снижают вес, плохо едят корм, восприимчивы к разным заболеваниям. Объясняется это тем, что при недостатке незаменимых аминокислот в организме не могут синтезироваться белки клеток крови и лимфы, в состав которых они обязательно входят. При этих условиях также замедляется синтез

ферментов, которые сами являются белками и без которых не может осуществляться обмен веществ. Так как при недостатке незаменимых аминокислот нарушается жизнедеятельность животных, то они часто называются жизненно необходимыми аминокислотами.

В основном указанные незаменимые аминокислоты жизненно необходимы для птицы всех видов и возрастов, за исключением аргинина и гистидина, которые не являются строго незаменимыми, а также глицина, незаменимого только для цыплят. Аргинин – условно незаменимая аминокислота, так как он хотя и в малых количествах, но всё же синтезируется в организме птицы.

Существует определенная связь между метионином и цистином: при избытке цистина не так резко проявляется недостаток метионина. Поэтому дефицит в рационе метионина можно частично восполнить цистином.

Приведём перечень заменимых и незаменимых аминокислот.

Заменимые	Незаменимые
Аланин	Аргинин
Аспарагиновая кислота	Валин
Глицин	Гистидин
Глутаминовая кислота	Лизин
Оксипролин	Лейцин
Пролин	Изолейцин
Серин	Метионин
Тирозин	Треонин
Цистин	Триптофан
Цистеин	Фенилаланин

В рационе или в отдельных кормах аминокислоты находятся главным образом в белках. В свободном состоянии их очень мало. Следовательно, единственным источником аминокислот для птицы служит белок, содержащийся в кормах. Потребность в аминокислотах,

и в первую очередь в незаменимых, удовлетворяется только тем белком, в составе которого содержатся незаменимые аминокислоты. Кормовой белок называется биологически полноценным, если он обеспечивает нормальную жизнедеятельность и высокую продуктивность птицы. В значительной мере биологическая ценность белков зависит от их аминокислотного состава, главным образом от наличия в их молекулах незаменимых аминокислот. Обычно наиболее полноценны белки кормов животного происхождения. В растительных кормах часто не хватает лизина, метионина, триптофана.

Рацион, содержащий все необходимые аминокислоты в количестве и соотношении, соответствующих потребностям птицы, называется сбалансированным по незаменимым аминокислотам. Недостаток аминокислот в рационе устраняется подбором кормов или добавлением соответствующих аминокислот промышленного производства. Особо важное значение балансирование рационов по незаменимым аминокислотам имеет для моногастричных животных – свиней и птиц. У них корм переваривается в желудке. У жвачных животных (крупный и мелкий рогатый скот, олени, верблюды) принятый корм сперва подвергается в преджелудках (рубец, книжка, сетка) воздействию микробов, а потом поступает в сычуг, где и переваривается. Микробы преджелудков очень сильно изменяют корм, как правило, за счет азотистых веществ его строят белки своего тела и тем самым повышают содержание белка в корме и улучшают его аминокислотный состав. Поэтому для жвачных балансирование рационов по аминокислотам не имеет такого большого значения, как для птицы.

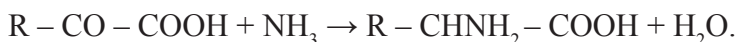
5.3.7. Биосинтез аминокислот в организме птицы

Многие аминокислоты, из которых организм строит свои белки, поступают в кровь из желудочно-кишечного тракта, где они выделяются из белков корма при переваривании.

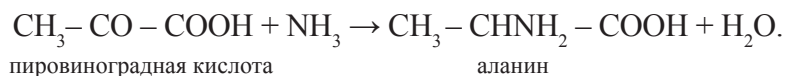
Птица, особенно растущая, непрерывно и интенсивно строит белки развивающихся тканей, ферменты и некоторые активные полипептиды из аминокислот, поступающих с белком корма. Однако белки разных тканей и органов отличаются своим аминокислотным составом. Поэтому организму в процессе синтеза белков приходится часть аминокислот перестраивать, а часть синтезировать заново. Поскольку незаменимые аминокислоты в теле птицы почти не синтезируются, может происходить лишь перестройка незаменимых аминокислот в заменимые, но не наоборот [44].

Синтез аминокислот в организме возможен при наличии источника аминогрупп и соответствующих кетокислот. Осуществляется он при помощи соответствующих ферментов двумя путями: аминированием и переаминированием.

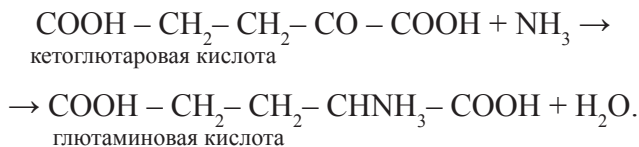
Аминирование – это процесс, обратный дезаминированию. В качестве источника аминогрупп в этой реакции служит аммиак, реакция идет по схеме:



Природа аминокислоты, образующейся в результате этой реакции, зависит от природы кетокислоты. Например, если реакция идет с пировиноградной кислотой, то получается аланин:



а если с кетоглутаровой, то глутаминовая кислота:

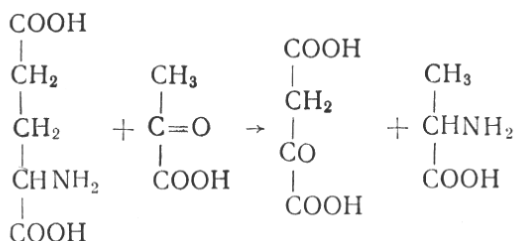


Для незаменимых аминокислот в организме нет свободных соответствующих кетокислот, поэтому они не синтезируются ни аминированием, ни переаминированием.

Опыты показали, что незаменимые аминокислоты синтезируются при введении в организм животных кето- или оксикислот, соответствующих их углеродному скелету.

Кетокислоты – аналоги заменимых аминокислот – могут образовываться из углеводов и жиров в процессе их превращения. Эти кетокислоты превращаются в аминокислоты при замещении кислорода кетогруппы готовой аминогруппой двухосновной аминокислоты, т.е. переаминированием.

При переаминировании источником аминогруппы служит аминокислота, поэтому таким путем осуществляется не синтез новых аминокислот, а превращение их одна в другую. На нижеследующей реакции показано переаминирование глютаминовой кислоты в аланин:

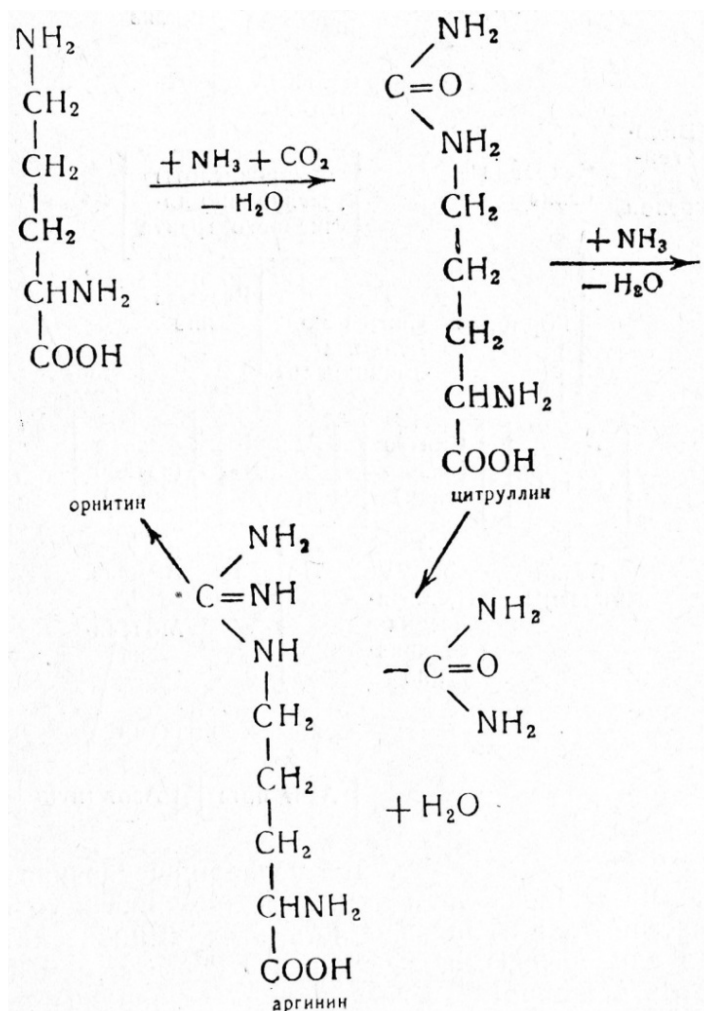


Одним из методов контроля сбалансированных рационов по аминокислотам является определение свободных аминокислот цельной крови и плазмы крови. При изучении обмена аминокислот в организме птицы часто возникает необходимость знать содержание свободных аминокислот и в других биологических субстратах.

5.3.8. Обмен аминокислот

Главная функция аминокислот – участие в строении белков (в том числе ферментов и некоторых гормонов), нуклеиновых кислот и нуклеотидов, биологически активных небелковых соединений, окислительно-восстановительных систем, веществ высокой фармакологиче-

ской активности, передатчиков нервного возбуждения, красящего вещества крови, витаминов. Аминокислоты, не участвующие в синтезе указанных веществ, дезаминируются с выделением аммиака и углеродного безазотистого остатка, который либо сгорает до углекислоты с выделением энергии, либо превращается в гликоген или кетоновые тела [43].



Из схемы следует, что цикл начинается и кончается аминокислотой орнитином, играющей, таким образом, как бы роль катализатора.

Все аминокислоты имеют общий тип обмена, но конечные продукты их превращений резко отличаются по биохимическим и химическим свойствам (рис. 1).

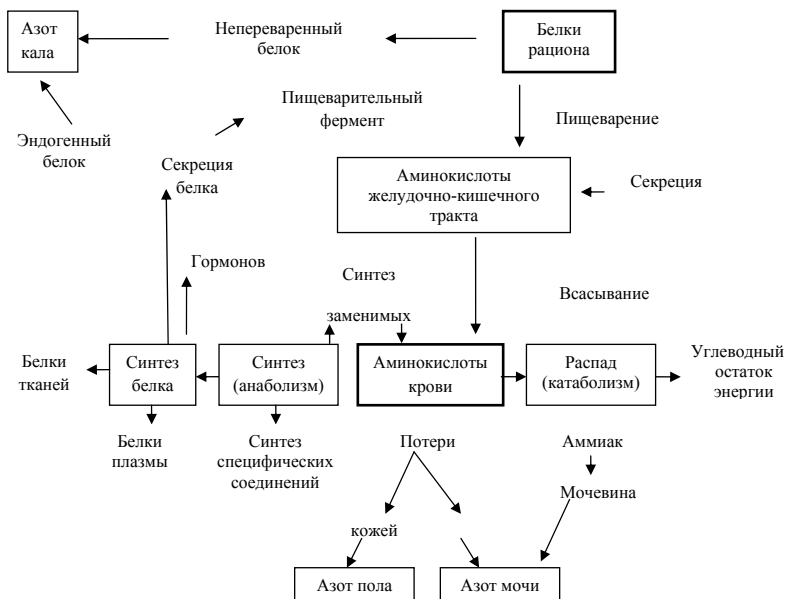


Рис. 1. Принципиальная схема обмена аминокислот

Из рисунка видно, что после переваривания белков корма аминокислоты из желудочно-кишечного тракта всасываются в кровь. Часть этих аминокислот теряется для организма, выделяясь с кормом, с мочой и в результате обратного всасывания (резорбции) в просвет пищеварительного канала. Превращение аминокислот крови осуществляется в двух направлениях: анаболизма, или синтеза белков (плазмы, тканей, гормонов), и катаболизма – распада с выделением аммиака и безазотистого

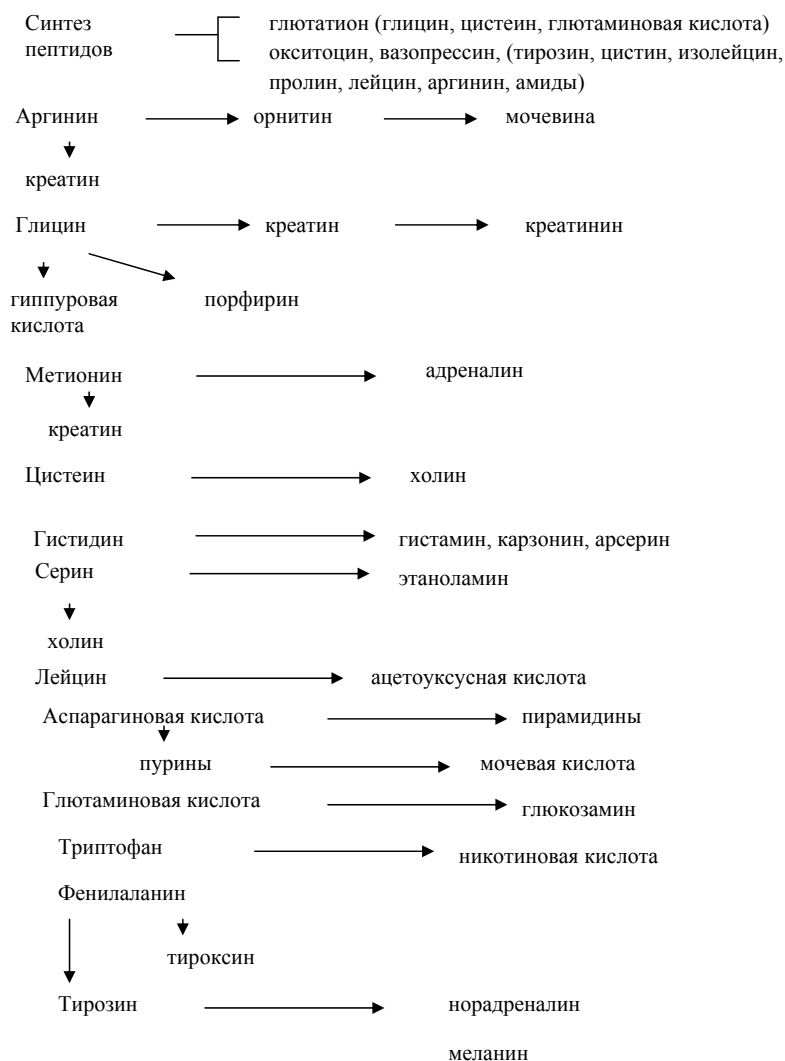


Рис. 2. Специфические продукты превращения некоторых аминокислот

углеродного соединения, содержащего энергию. В зависимости от условий каждая аминокислота превращается в каком-либо одном из указанных направлений – анаболизма или катаболизма.

Одновременно из крови при помощи железистых клеток в желудочно-кишечный канал переходят некоторые аминокислоты и белковые вещества в виде пищеварительных ферментов и так называемого эндогенного белка (белок органов и тканей), поступающих из крови в полость желудка и кишечника в процессе выравнивания концентрации между кровью и содержимым пищеварительного тракта.

В процессе синтеза, распада и перемещения белков в организме и связанных с ними анаболических и катаболических превращениях создается равновесие аминокислот, соответствующее потребностям птицы. При нарушении этого равновесия, особенно незаменимых аминокислот, наступает патологическое состояние, птица заболевает.

Отдельные аминокислоты, помимо участия в синтезе белков, выполняют свои функции в образовании веществ специфического действия. Такие аминокислоты и их специфические производные приведены на рис. 2.

Следовательно, в организме птицы аминокислоты в процессе превращения, кроме белков, образуют и небелковые вещества, имеющие большое биологическое значение. Так, три аминокислоты: аргинин, глицин и метионин – образуют креатин, важный для работы мышц. Гистидин служит исходным веществом для гистамина и кариозина, триптофан – для получения никотиновой кислоты и т.д. Все процессы превращения идут в нанометрическом диапазоне.

5.4. Энергия

Всосавшиеся из пищеварительного тракта питательные вещества включаются в промежуточный обмен. Здесь они служат либо источником энергии, либо используются в качестве структурного материала в рамках

поддерживающего обмена или же участвуют в процессах дополнительного неосинтеза (рост и образование яиц). Содержание и кормление птицы только тогда отвечают поставленным целям, когда большая часть питательных веществ используется для дополнительного неосинтеза, а как можно меньшая – для удовлетворения потребностей в энергии и структурном материале, необходимых для поддержания жизни. В этом смысле в питании птицы по сравнению с питанием человека наблюдаются заметные количественные различия.

Промежуточный обмен углеводов и жиров во многом аналогичен. Обе группы питательных веществ в кормлении птицы служат в первую очередь для удовлетворения их потребности в энергии. Если эта потребность покрывается за счет углеводов и жиров, то белок может полностью использоваться для структурных превращений.

Углеводы всасываются в форме глюкозы и могут использоваться непосредственно для образования энергии. Этот процесс превращения углеводов протекает по определенному пути, который приводит к образованию очень важного промежуточного продукта – «активированной уксусной кислоты». Последняя тоже имеет важное значение в случае структурного использования углеводов. Она является связующим звеном между процессами распада углеводов и синтеза жиров.

Углеводы могут накапливаться в организме птицы в очень незначительном объеме. Они откладываются в печени в форме гликогена. Гликоген – это полисахарид, который состоит из молекул глюкозы и может синтезироваться из всех всосавшихся моносахаридов, а также из их фрагментов. Основная функция углеводов состоит в образовании энергии.

Энергия корма подвергается в организме превращениям в соответствии с законами термодинамики. Как из-

вестно, первый закон термодинамики гласит, что в пределах определённой системы различные формы энергии могут превращаться одна в другую, но общее количество энергии остаётся при этом постоянным:

$$W = A + Q,$$

где W – количество энергии;

A – работа;

Q – теплота.

В закрытой системе сумму энергии можно определить как внутреннюю энергию (U). Изменение её есть ΔU . Таким образом, ΔU представляет собой количество энергии, участвующей в обмене между закрытой системой и внешней средой:

$$\Delta U = \Delta A + \Delta Q.$$

При уменьшении общего количества энергии в системе становится возможной отдача энергии в форме работы или тепла.

В организм птицы поступает химически связанная энергия, содержащаяся в питательных веществах. Эта энергия может быть превращена в работу и тепло. У сельскохозяйственной птицы по возможности большая часть энергии должна откладываться в организме в виде химически связанной энергии (мясо, яйца) или как продукт синтеза белка и жира выделяться вовне (яйца). Часть химически связанной энергии, которая не может быть использована организмом, выделяется из него с мочой, другая часть, которая совсем не включается в промежуточный обмен, выводится из организма с калом.

Организм птицы не в состоянии непосредственно использовать для образования энергии теплоту из окружающей среды, однако более высокая температура окру-

жающей среды ограничивает высвобождение энергии в организме и, следовательно, в отличие от низких температур способствует экономии энергии.

Второй закон термодинамики (закон энтропии) гласит, что вероятность перехода работы в теплоту значительно больше, чем обратный переход теплоты в работу. Чтобы показать, при каких условиях в системе теплота может перейти в работу, необходимо знать температуру, при которой освобождается определенное количество теплоты. По этой причине в уравнение первого закона включена температура.

Тепловую энергию можно выразить в виде произведения фактора интенсивности, т.е. температуры, на фактор мощности, т.е. энтропии (S). Следовательно,

$$\Delta(S \cdot T) = \Delta S \cdot T + \Delta T \cdot S.$$

Если же работа переходит в теплоту, то при точном анализе этот процесс можно рассматривать как изотермический, т.е. образующаяся теплота должна непрерывно отводиться из системы, в результате чего температура остаётся всё время постоянной. Тогда

$$\Delta T \cdot S = 0.$$

В этом предельном случае переходящая теплота была бы равна $\Delta S \cdot T$.

Для выражения освобождающейся теплоты в химических реакциях (протекающих изотермически) получим:

$$Q = \Delta S \cdot T.$$

Если за счёт общего количества энергии (U) химического процесса наряду с освобождением энергии производится ещё и работа (A), то максимальное количество работы (A_m), идентичное свободной энергии (F), можно выразить следующим уравнением:

$$A_m = F = U - \Delta S \cdot T.$$

Это уравнение справедливо для обратимого изотермического процесса.

Для энергетического описания химических реакций введено понятие термодинамического потенциала (G – свободная энтальпия). ΔF и ΔG связаны друг с другом следующим отношением:

$$\Delta F = \Delta G - p\Delta V,$$

где p – давление;

V – объемная работа.

Это отношение показывает, что общая работа (ΔF) состоит из полезной работы ΔG и объемной работы $p\Delta V$. Если же химические или биохимические реакции совершаются при постоянном объеме, то

$$\Delta F = \Delta G.$$

Тем самым G , как свободную энтальпию, можно сравнить со свободной энергией F . Отсюда следует, что $F = G$ и $U = H$ (H – энтальпия). Тогда получим:

$$G = H - \Delta S \cdot T,$$

а для изменений всех участвующих величин

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S.$$

Работоспособность реакции уменьшается с понижением температуры. При высоких температурах начинается даже обратная реакция, в которой диссоциируется H_2O .

В отличие от экзотермических реакций эндотермические характеризуются положительным изменением ΔH . Только благодаря повышению температуры можно, как это показано на примере образования CO из CO_2 и C , достичь отрицательной величины ΔG и тем самым совершения реакции. ΔG позволяет сделать заключение о потенциальной готовности системы к физиче-

ским или химическим реакциям. Каждое увеличение энтропии сопровождается на молекулярном уровне уменьшением порядка. И, наоборот, каждое уменьшение энтропии связано с повышением порядка. Поскольку, с одной стороны, неорганизованное состояние обладает повышенной вероятностью, то из этого следует, что энтропия в закрытой системе возрастет при каждом превращении. Этот важный критерий справедлив для всех проявлений жизни.

Можно заметить, что природа обладает способностью задерживать процесс увеличения энтропии. Фотоны солнечной энергии, если бы не было способных к их ассимиляции растений, полностью превращались бы в тепловую энергию. В процессах фотосинтеза часть этой энергии переводится в химически связанную энергию крахмала, поэтому увеличение энтропии задерживается до тех пор, пока крахмал не подвергнется расщеплению в организме птицы и хотя бы частично освободится опять в виде теплоты.

В биологических системах величину ΔG можно определить или рассчитать. Она отчасти зависит от осмотической работы, которая определяется соотношением концентраций:

$$\Delta G = -RT(\ln K - \ln x),$$

где R – газовая константа;

T – абсолютная температура;

K – константа равновесия;

$$x = \frac{cd}{ab} = \text{соотношение исходных концентраций.}$$

Чем выше начальная концентрация различных веществ ab и чем ниже концентрация образующихся веществ cd , тем меньше x и тем больше работа, совершаемая

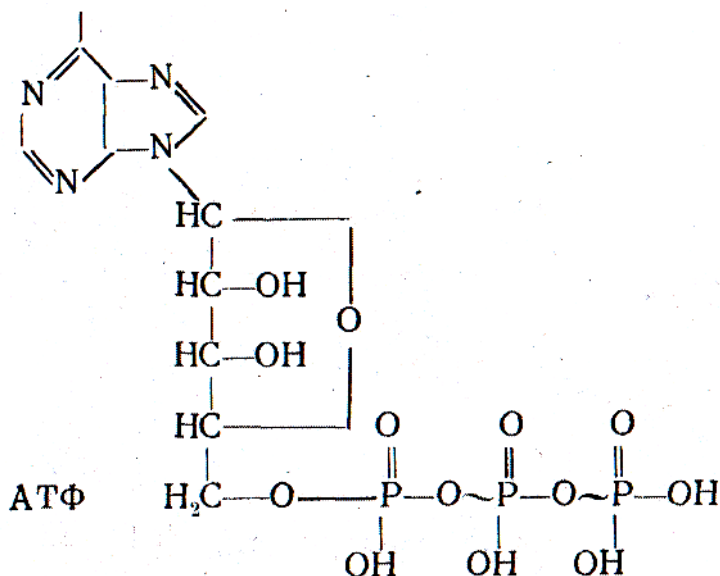
реакцией. Чтобы такая реакция оставалась работоспособной, нельзя допускать приближения к состоянию равновесия между концентрацией исходных и конечных продуктов. Исходные вещества должны непрерывно поступать, а конечные продукты постоянно удаляться. Это состояние обозначается как динамическое, или подвижное, равновесие.

Если исходное и конечное вещество к началу реакции присутствуют в равной молярной концентрации, тогда x равен 1 и для превращения 1 моля будет справедливо уравнение

$$\Delta G = -RT \ln K.$$

Таким образом, константа равновесия K является непосредственной мерой изменения энергии в ходе реакции. Величина термодинамической константы равновесия в этом случае представляет собой свободную энтакпию (максимальная работа).

Энергия, освобождающаяся в процессе расщепления питательных веществ, не может использоваться организмом птицы в промежуточном обмене непосредственно для синтеза или для определённой работы (ΔG). К тому же в связи с необходимостью поддержания постоянной температуры в организме требуется, чтобы освобождение энергии происходило ступенчато, порциями, и поступало от промежуточного переносчика. Такими переносчиками, которые могут запасать определённое количество энергии, являются различные соединения фосфорной кислоты. К первому остатку фосфорной кислоты, которым обладает также и мононуклеотид, присоединены с помощью так называемых богатых энергией (макроэргических) связей два других остатка фосфорной кислоты.



Для обозначения макроэргических связей в биохимии используют волнообразный штрих (~), показывающий валентную связь.

При гидролизе АТФ до аденозиндифосфата (АДФ) + H_3PO_4 возникает довольно большое количество свободной энергии (ΔG). В среднем на 1 моль АТФ образуется 8 ккал энергии. Для накопления такого количества энергии (при синтезе АТФ) требуются в соответствии со вторым законом термодинамики более высокие затраты энергии в процессе химических реакций промежуточного обмена. Для превращения АДФ в АТФ требуется в среднем 18–23 ккал свободной энергии, образующейся в процессе гидролиза питательных веществ (при полном использовании дыхательной цепи). В свою очередь, АТФ делает возможными отдельные реакции промежуточного обмена, которые нуждаются в энергии. Поэтому аденозинтрифосфат не только резервирует энергию, но и является переносчиком ее в промежуточном обмене.

6. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ

6.1. Гидромеханические диспергирование

В различных отраслях промышленности зачастую необходимой стадией различных технологических процессов является получение двухфазных и многокомпонентных эмульсий (дисперсий, суспензий) – как концентрированных, так и разбавленных. Эта стадия называется диспергированием. Для диспергирования применяются аппараты различного типа, отличающиеся как по принципу действия, так и по конструктивному оформлению [11, 17, 18].

В промышленной практике для гидромеханического диспергирования наиболее часто применяются материалоемкие, энергоемкие и низкопроизводительные диспергирующие аппараты, которые занимают большие производственные площади. Интенсификация процессов диспергирования может быть достигнута применением гидромеханических диспергаторов, в которых реализуются нестационарные гидромеханические процессы [19].

Повышение эффективности, совершенствование гидромеханических процессов и аппаратов в смежных отраслях промышленности связывают с изучением сущности происходящих процессов. Проблемы создания и использования в промышленном производстве новых видов высокопроизводительного оборудования необходимо решать, применяя самые разные способы интенсификации процессов диспергирования: нестационарные течения, акустические колебания, вибрации и пульсации. В разрабатываемых для гидромеханических процессов аппаратах необходимо также использовать воздействие на реагирующие компоненты обрабатываемой жидкой

среды такого мощного интенсифицирующего фактора, как кавитация [54].

К таким аппаратам относятся аппараты с прерыванием потока обрабатываемой среды, и, в частности, наиболее эффективные из них – роторные. Их устройство и принцип работы позволяют использовать наряду с импульсной кавитацией такие способы воздействия на вещество, как значительные сдвиговые напряжения в радиальном зазоре между ротором и статором, турбулентные пульсации в рабочей камере, акустические (в том числе резонансные) колебания в полости ротора и рабочей камере аппарата.

В аппарате такого типа (для краткости будем называть его роторно-импульсным) наиболее эффективно реализуются нестационарные гидромеханические процессы (включая кавитацию), которые, в свою очередь, интенсифицируют многие тепломассообменные процессы.

Роторно-импульсные аппараты применяются в качестве диспергаторов в тех же областях, что и гидромеханические, а также в пищевой промышленности для гомогенизации мороженого и майонеза; в химической и фармацевтической отраслях промышленности – для получения и последующей гомогенизации восковых, масляных и мыльных эмульсий, витаминных препаратов; в парфюмерной промышленности – для приготовления кремов. Этот ряд можно продолжить, но следует отметить, что многие варианты использования роторного аппарата до настоящего времени являются пробными, экспериментальными.

Однако роторно-импульсные аппараты обладают значительными преимуществами перед другими гидромеханическими аппаратами – диспергаторами. Например, отличие таких аппаратов от гомогенизаторов высокого

давления заключается в том, что кавитация в рабочей камере роторно-импульсного аппарата возбуждается при значительно меньших перепадах статического давления между входом и выходом аппарата. Кроме того, импульсный характер возникновения и развития кавитации в роторно-импульсном аппарате определяет простоту и эффективность управления этим процессом. Роторно-импульсные аппараты относятся к гидромеханическим преобразователям механической энергии в акустическую, кавитационную и энергию других видов, поэтому просты по конструкции и надежны в работе [108].

Большое значение имеет организация гидромеханического процесса в аппарате, так как многие массообменные процессы (диспергирование, эмульгирование, гомогенизация, растворение, выщелачивание, экстракция, абсорбция, кристаллизация и др.) при использовании условий нестационарных потоков обрабатываемой среды протекают более интенсивно, чем при использовании традиционных методов.

Отечественные и зарубежные исследователи интенсификацию процессов диспергирования связывают с применением ударных воздействий, интенсивного перемешивания со струйным движением жидкости, высоких тангенциальных напряжений, развиваемых вращающимися поверхностями, кавитации и других факторов на фоне уменьшения габаритов аппаратуры. Эти факторы используются в роторном аппарате, который является современным аппаратом химических производств и эффективно применяется для интенсификации гидромеханических и массообменных процессов.

Положительные результаты лабораторных исследований и промышленных испытаний по применению роторно-импульсных аппаратов для интенсификации про-

цессов свидетельствуют об их эффективности. Однако дальнейшее их совершенствование сдерживается недостаточным пониманием сущности происходящих в них физико-химических явлений, процессов в нестационарных потоках гетерогенных сред при импульсном возбуждении кавитации.

6.2. Диспергаторы с периодическим прерыванием потока

В процессах диспергирования реализуются различные режимы течения обрабатываемой среды – от ламинарного до турбулентного, от стационарного до нестационарного. Существует большое число процессов, которые в значительной степени интенсифицируются лишь благодаря нестационарности потока обрабатываемой среды [15, 22, 46, 49].

Кавитация – разрыв сплошности капельной жидкости, образование в ней полостей (кавитационных пузырьков), заполненных смесью газа и пара. Кавитация возникает в тех местах жидкости, где давление ниже определенного критического значения, приближенно равного для реальной жидкости давлению насыщенных паров данной жидкости при данной температуре.

Известны два вида кавитации: гидродинамическая, когда сплошность жидкости нарушается при понижении давления по линии движения пузырька, и акустическая, возникающая вследствие воздействия акустических волн высокой интенсивности. Кавитация является сложным, недостаточно изученным нестационарным гидромеханическим процессом, сопровождаемым физико-химическими процессами, такими как люминесценция, искрообразование; ударные волны давления, скорости и температуры; микропотоки и кумулятивные микро-

струйки, нагревание и ионизация газа в кавитационном пузырьке. Такое обилие вторичных эффектов позволяет эффективно использовать кавитацию в технологических процессах, в биологических, медицинских и других исследованиях [31].

В роторно-импульсном аппарате кавитация развивается вследствие периодического прерывания потока обрабатываемой среды. Прерывистый характер течения обрабатываемой среды вызывает повышение или понижение давления в ней. При достаточной величине разрежения (понижения давления) в обрабатываемой среде возникает гидродинамическая кавитация, акустические же колебания генерируются при любой интенсивности нестационарного прерывистого потока. Следовательно, в аппарате реализуются кавитационный и акустический способы воздействия на ход технологического процесса.

В последние 60 лет наблюдается рост публикаций, посвященных проблемам нестационарных гидромеханических процессов, в частности кавитации. Она интересна не только как сложное явление, но и как мощный физический фактор интенсификации многих химико-технологических процессов, таких как диспергирование, эмульгирование, гомогенизация, растворение, очистка. По мнению большинства исследователей, именно кавитация и явления, ее сопровождающие, ответственны за ускорение этих процессов, обсуждаются теоретические вопросы захлопывания кавитационных пузырьков с учетом эффектов неустойчивости межфазных поверхностей и образования микроструй при несимметричном коллапсе пузырьков. Основное внимание уделено положительному действию кавитации на такие процессы, как приготовление эмульсий, сверление твердых материалов с применением абразивных растворов, очистка поверх-

ностей, интенсификация химических реакций. Отмечено, что аналитическое описание и предсказание кавитационных эффектов является сложной проблемой, не решенной до настоящего времени [94].

Рассмотрим работы, посвященные применению нестационарных потоков обрабатываемой среды для интенсификации технологических процессов, в частности, процессов смешения и диспергирования.

Процесс диспергирования может быть проведен за счет преобразования кинетической энергии высоконапорной струи в энергию колебаний, расходуемую на разбиение смеси компонентов на совокупность мелких частиц. На примере получения водотопливной эмульсии в поле нестационарной высоконапорной струи рассмотрен процесс диспергирования свойств и характеристик нестационарных потоков.

В силу сложности рассматриваемых нестационарных гидромеханических процессов следует ожидать трудностей при изучении их основных закономерностей. Подтверждением этого является, например, работа, в которой рассмотрены современные численные методы гидродинамики как инструмент для решения инженерных проблем при расчете химико-технологических процессов. Использование таких методов позволяет скорее и лучше понять (с помощью моделирования) изучаемую проблему. В качестве особенно полезных приложений численных методов назван анализ работы аппаратов со сложной гидродинамической картиной течений.

В литературе рассмотрены вопросы теории нестационарных гидромеханических процессов, а также на этой основе физические методы интенсификации процессов химической технологии, наиболее важным из которых признана кавитация. Некоторые авторы уделяют основ-

ное внимание моделированию и оптимизации, анализу и проектированию основных процессов химических производств, включая нестационарные гидромеханические и тепломассообменные. Сюда же можно отнести и объемный труд, где изложены основы гидравлики и гидромеханики неоднородных систем [90].

Некоторыми авторами представлен анализ взаимозависимости конструкций аппаратов химических производств и технологических параметров оборудования и параметров работы (режимных параметров) этого оборудования. Исследована гидродинамика обрабатываемых жидких сред в рабочих органах оборудования.

Особенностью нестационарных потоков обрабатываемых сред в роторных гидромеханических диспергаторах (роторных аппаратах с периодическим прерыванием потока обрабатываемой среды) является многообразие их форм (кавитационные, бескавитационные, резонансные, нерезонансные, колеблющиеся, периодические, непериодические, аperiodические и другие потоки), а при кавитационном течении (наиболее предпочтительном при гидромеханическом диспергировании) – ещё и многообразие способов возбуждения кавитационного режима течения (акустическое, гидродинамическое, смешанное, импульсное, резонансное, гармоническое, высокочастотное, низкочастотное). В связи с таким многообразием гидромеханических ситуаций корректное исследование гидродинамики потоков и процесса гидромеханического диспергирования в роторных гидромеханических диспергаторах является весьма непростой задачей.

К роторным аппаратам с модуляцией (прерыванием) потока относятся устройства, состоящие из ротора и статора с перфорированными боковыми стенками, причем поток обрабатываемой среды модулируется во времени

(точнее сказать, модулируются расход, среднерасходная мгновенная скорость, локальная скорость, ускорения и другие параметры потока). Прерывание потока осуществляется за счет периодического изменения взаимного расположения каналов ротора и статора – их периодического совмещения и перекрывания.

Роторные аппараты эффективно применяют в процессах растворения, диспергирования, приготовления высокодисперсных пигментов, диспергирования газа в жидкости, выщелачивания, эмульгирования и т.д. Интенсифицирующую способность роторных аппаратов можно увеличить за счет дополнительных винтовых лопастей в роторе либо за счет рифленной поверхности ротора и статора.

Аппараты, рассмотренные в работах, предлагается использовать для проведения процессов в гетерогенных средах для взаимодействия жидкости с жидкостью, жидкости с газом, жидкости с порошком. Большое внимание диспергирующим аппаратам роторного типа уделяется и за рубежом, где они используются для получения эмульсий и дисперсий.

Кроме роторных аппаратов с радиальным направлением потока известны устройства с аксиальным направлением: устройство содержит корпус, аксиальные статор и ротор в виде дисков с зубьями. Зубья статора и ротора имеют треугольную форму. Аппарат применяется для диспергирования смесей.

Проблеме интенсификации технологических процессов при помощи пульсационных аппаратов уделяется значительное внимание. Основной принцип создания резонансной пульсационной аппаратуры – отыскание и поддержание резонансного режима колебаний, когда частота внешних воздействий совпадает с собственной частотой колебаний неоднородной среды.

Смеситель-диспергатор применяется, как следует из названия, для смешения и диспергирования и состоит из статора, ротора и крыльчатки. Среда обрабатывается в зазоре между статором и ротором. Эффективность обработки увеличивается за счет увеличения высоты статора, что относится к неожиданным и неочевидным результатам.

Одной из перспективных технологий, обеспечивающих значительную интенсификацию производственных процессов, является кавитационная обработка пищевого сырья.

По способу возбуждения кавитации все процессы можно условно разделить на периодическое воздействие (акустическая кавитация), однократное воздействие (гидродинамическая кавитация в потоке, лазерная кавитация, электрогидравлический взрыв, механический (гидравлический) удар и др.) и смешанное воздействие (гидродинамические сирены, свистки, роторные аппараты различной конструкции).

Акустическая кавитация – процесс образования, роста периодических пульсаций и последующего схлопывания газового пузырька в жидкости под воздействием периодически изменяющего давления. Частота пульсаций давления в жидкости может быть различной – от десятков герц до десятков мегагерц. При низких частотах (10–500 Гц) используются, как правило, электромагнитные или механические преобразователи. В частотном диапазоне 5–50 кГц используются магнитострикционные излучатели, работающие в резонансном режиме. На более высоких звуковых частотах используются пьезоэлектрические излучатели. Общим для акустических способов создания кавитации является то, что кавитация возбуждается и развивается в одной выделенной области жидкости, называемой кавитационной областью, или кавитационным облаком.

Таким образом, воздействие на элемент объема газожидкостной среды осуществляется многократно, что приводит к постепенным изменениям ее свойств (газонасыщенность, размер пузырьков, температура).

Кавитация в потоке жидкости наблюдается в том случае, когда происходит быстрое изменение скорости потока. Изменение скорости влечет за собой изменение давления в жидкости, которое приводит к росту и последующему схлопыванию газовых пузырьков. Основным отличием от акустической кавитации является однократное воздействие на исходный микропузырек («зародыш» кавитации), поэтому резонансные методы накопления энергии газовым пузырьком в этом случае не реализуются. Динамика кавитационного процесса не изменяется и определяется свойствами жидкости и характером течения [111].

Возбуждение кавитации однократным воздействием представляет совокупность методов сообщения энергии газовому пузырьку при единичном акте физического воздействия на неподвижную жидкость. При этом пузырек может создаваться или в процессе воздействия (лазерный импульс, электрогидравлический взрыв), или вводится в жидкость специально (поршневое воздействие при механическом ударе).

Смешанные методы возбуждения кавитации – возбуждение пульсаций давления в потоке жидкости с использованием периодического изменения скорости потока жидкости, осуществляемого механическими устройствами различной конструкции [80].

Благодаря простоте конструкции, большой мощности и производительности такие аппараты применяются во многих технологических процессах, связанных с массообменом. Наибольшее распространение получили роторные гидродинамические аппараты. Большое значение

имеет организация гидромеханического процесса в аппарате, так как многие массообменные процессы химической технологии (диспергирование, эмульгирование, гомогенизация, растворение, выщелачивание, экстракция, абсорбция, кристаллизация и др.) при использовании условий колеблющихся потоков обрабатываемой среды протекают более интенсивно.

В настоящее время практическое применение имеет акустическая (ультразвуковая) кавитация. Она широко применяется в некоторых производственных процессах, например для ускорения химических реакций эмульгирования. Резонирующие пузырьки действуют как смеситель, увеличивая площадь контакта между двумя жидкостями [79].

Подвергая исследуемую жидкость высоким статистическим давлениям, можно получить более однородные образцы вследствие растворения части присутствующих в них микропузырьков. В настоящее время разработан ряд акустических генераторов, нашедших широкое применение в народном хозяйстве. Использование энергии кавитации находит применение в перерабатывающих предприятиях мукомольной, хлебопекарной, комбикормовой, мясоперерабатывающей и молочной промышленности.

В хлебопекарной промышленности перед загрузкой емкостей тестом для хлебобулочных изделий масло дробят на капли с помощью кавитационных форсунок, что позволяет сократить его расход в 2–3 раза.

В мукомольном производстве кавитационная обработка воды используется для увлажнения зерна, что резко сокращает время его подготовки к помолу.

Технология кавитационной обработки воды и рассолов на Вологодском мясокомбинате способствует исключению из полученных продуктов неорганических влагоудерживающих и цветостабилизирующих добавок.

Использование такой воды, кроме всего прочего, снижает бактериальную обсемененность фарша в 200–500 раз, значительно улучшая качество мясных изделий.

Ведутся работы по использованию энергии кавитации по таким направлениям, как предпосевная обработка семян, низкотемпературная экстракция полезных веществ из сырья растительного и животного происхождения и др.

На базе Московской государственной технологической академии разработана технология плодоовощных нестерилизуемых паст закусочных острых с использованием гидроимпульсного кавитационного диспергирования. Кроме того, работы по применению кавитационных технологий в консервной промышленности ведутся в Краснодарском НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Исходя из вышесказанного, использование гидродинамического диспергирования с использованием процесса кавитации для производства наночастиц сахаров и аминокислот из зернового сырья для использования в птицеводстве является перспективным направлением.

6.3. Ферментативные процессы переработки зернового сырья

Процесс ферментативного гидролиза крахмала – это реакции, с одной стороны, являющиеся диффузионно контролируруемыми, с другой – идущие с изменением фазовых состояний субстрата и вязкости среды, поэтому в этих процессах немаловажную роль играет способ перемешивания среды. Процессы перемешивания в жидкой фазе делятся на следующие основные виды:

- 1) механическое перемешивание;
- 2) перемешивание с использованием звуковых и ультразвуковых гидродинамических колебаний;

- 3) пневматическое перемешивание;
- 4) перемешивание с использованием магнитного поля;
- 5) циркуляционное перемешивание;
- 6) пульсационное перемешивание;
- 7) перемешивание в потоке путём создания искусственной турбулентности.

В крахмалопаточной промышленности перемешивающие устройства используются очень широко, начиная со стадии подготовки растворов неосновных реагентов и растворов ферментов до стадии очистки крахмальных сиропов. Однако наиболее важными, ключевыми перемешивающими устройствами являются аппараты, где идут процессы ферментативного гидролиза крахмалов – ферментёры [16].

При рассмотрении всего многообразия ферментационных аппаратов (ферментёров) можно сделать вывод, что в них протекают разнообразные реакции, сопровождаемые различными процессами: тепловыми, массообменными, гидродинамическими. В таких аппаратах должны создаваться оптимальные условия для прохождения биохимических процессов, в связи чем ферментёры оборудуют типовыми конструктивными элементами: мешалками, теплообменниками, контактными устройствами, отбойниками и т.д. Ферментёры представляют собой комплексные аппараты, включающие набор конструктивных элементов, большинство которых используются для проведения и контроля технологических операций, не связанных с биохимическими превращениями перерабатываемых веществ. Количество таких конструктивных сочетаний, следовательно, и типов ферментёров, может быть достаточно большим, что объясняется многообразием и сложностью проводимых биохимических реакций.

Ферментёр любой конструкции должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- эффективный подвод реагентов и ферментов к субстрату;
- отвод продуктов взаимодействия из зон реакции;
- оптимальные технологические параметры в каждой точке рабочего объема ферментера;
- эффективный массо- и энергопернос ко всему объему аппарата;
- высокий уровень автоматизации и контроля за процессом;
- техника безопасности и комфортные условия труда.

Для выполнения этих требований ферментёр должен быть снабжен следующими системами:

- подачи жидких (сыпучих) субстратов в аппарат;
- ввода и вывода газовых потоков;
- эффективного перемешивания реакционной среды;
- нагрева и охлаждения;
- пеногашения;
- вывода жидких (сыпучих) продуктов;
- контроля и регулирования заданных технологических параметров;
- экстренного сброса давления и температуры.

Всю совокупность данных, получаемых инструментальными методами, можно условно разделить на две основные группы: первая – физические и физико-химические; вторая – биолого-химические.

К первой группе относятся:

- вводимая мощность на перемешивание или число оборотов мешалки (n);
- вязкость реакционной массы (μ);
- pH и температура реакционной среды (T);
- скорость перемешивания реакционной массы в аппарате (n');

- давление в аппарате (P);
- давление пара в рубашке ферментера (p).

Ко второй группе относятся:

- содержание белка, жиров, воды, неорганических и других примесей в крахмале;
- вид, концентрация и активность ферментных препаратов;
- состав и содержание углеводов в реакционной среде;
- содержание остаточного крахмала;
- содержание примесных веществ в патоке.

Основными недостатками применяемых в настоящее время ферментёров являются:

- неравномерные по всему объёму ферментёра условия перемешивания реакционной среды;
- неэффективный массо- и энергоперенос по всему объёму ферментера;
- существенные различия массо- и энергообменных характеристик по зонам аппарата;
- тепловая и диффузионная неравномерность в объеме аппарата;
- образование застойных зон;
- неравномерное распределение по объёму аппаратов вкладываемой механической и тепловой энергий;
- пониженные качественные характеристики целевого продукта;
- низкая удельная производительность по целевому продукту;
- значительные энергозатраты.

В связи с этим в промышленных технологических схемах наблюдается большое разнообразие ферментёров, различающихся как конструктивно, так и по принципу работы [34, 110]. Проведенные лабораторные и полупромышленные исследования по влиянию различных способов пере-

мешивания на эффективность ферментативного гидролиза различных типов крахмалов показали, что в особовязких средах при фазовых переходах возможно использование ферментёров с газовихревым способом перемешивания, разработанных Ю. А. Рамазановым [2–4, 9].

Принцип работы. В биореакторе перемешивание крахмальной суспензии осуществляется путем создания квазистационарного вращательного движения, генерируемого закрученным потоком газа типа «торнадо», который генерируется вентиляторным колесом над поверхностью среды.

Благодаря такой закрутке газовоздушной смеси между вентилятором и жидкой средой за счёт трения на границе раздела фаз и разницы давления на периферии ферментёра и в центре происходит движение реакционной суспензии в виде вихревого кольца, вращающегося относительно оси ёмкости с одновременным нисходящим движением жидкости на периферии ёмкости и восходящим в приосевой зоне.

Аэрирующий газ взаимодействует с перемешиваемой суспензией только через свободную её поверхность, не смешиваясь с ней. В результате этого обеспечивается интенсификация межфазного массообмена за счет высокой скорости движения аэрирующего газа и равномерное перемешивание суспензии без застойных зон. Благодаря исключению механической мешалки снижается травмируемость ферментов. Газовый вихрь стабилизирует уровень фазы в биореакторе вследствие разрушающего действия вихря на пену.

Биореактор позволяет начинать работу при минимальном заполнении (10–15%) и путем непрерывного добавления среды в процессе работы завершить ее при максимальном заполнении.

Это свойство биореактора дает возможность сократить, а в ряде случаев исключить линию биореакторов меньшего объёма для запуска аппарата большего объёма.

Интенсивность микроперемешивания (концентрация вихрей малого масштаба) в процессе ферментативного гидролиза управляется концентрацией лимитирующего продукта реакции.

Вследствие трения верхнего газовойздушного слоя, закрученного вращающимся активатором реактора, о свободную поверхность жидкой среды в ГВР одновременно возникает вращательное движение суспензии.

Вихревое перемешивание суспензии представляет собой квазистационарный процесс, обеспечивающий перемешивание без застойных зон.

Интенсивный газовый вихрь над поверхностью жидкости создает избыточное давление у стенки ферментёра и разрежение в районе центральной оси реактора. Такое распределение статистического давления в газовой среде также обеспечивает эффективное перемешивание без застойных зон.

Таким образом, перемешивание реакционной среды в ферментёре осуществляется путем создания в жидкой среде трёхмерного движения типа «вращающегося вихревого кольца». Движение генерируется аэрирующим газовым вихрем за счет перепада давления над поверхностью жидкой реакционной среды силы трения воздушно-го потока о поверхность суспензии. В реакционной жидкой среде создаются три вектора движения:

- в горизонтальной плоскости;
- в вертикальной плоскости;
- радиальная составляющая.

Основные преимущества ГВР по сравнению с классическими механическими и эрлифтными способами перемешивания:

1. Высокая скорость массообмена ($K_L = 6000\text{--}8000 \text{ ч}^{-1}$), которая превышает классические в 4–8 раз.

2. Низкие удельные энергозатраты, которые составляют 0,3 В на 1 л перемешиваемой массы, что в 10–12 раз меньше, чем ферментеров с механическими способами перемешивания.

3. Возможность эффективного перемешивания вязких жидкостей или сред с меняющейся в ходе процесса вязкостью.

4. Устойчивая работа без изменения характеристик перемешивания при уровне заполнения ферментера от 10 до 90 % общего объема.

В связи с вышеизложенным, в отрасли птицеводства назрела необходимость создания таких технологий, которые позволяли бы перерабатывать имеющееся в хозяйствах зерно на продукцию, содержащую значительное количество сахаров и аминокислот определённого состава, и делать это технологичным, малозатратным экологически безопасным способом.

6.4. Нанозобиотехнология переработки зернового сырья на кормовые нанодобавки

Нами разработана концептуальная модель и запатентована принципиально новая, не имеющая аналогов в мире нанобиотехнология глубокой переработки зерновых культур на кормовые сахаропродукты [2–10, 82–90, 123].

В классических технологиях производства пищевых паток используются кислоты – серная или соляная, что делает этот процесс экологически небезопасным. В связи с этим нами для исключения из технологического процесса химии было научно обосновано для создания оптимального (4,0–5,0) pH использование ионизированного раствора.

Впервые в России для деполимеризации крахмала на сахара применена триада процессов комплексного воздействия: кавитации, ионизации и ферментации, что позволило значительно сократить время деполимеризации крахмала до сахаров, снизить затраты и получать экологичную продукцию без использования минеральных и органических кислот (рис. 3).

Предложены и обоснованы с фундаментальных позиций с использованием элементов нанотехнологий направленные способы биоконверсии зернового сырья в условиях физических воздействий с получением сахаров и аминокислот заданного состава.

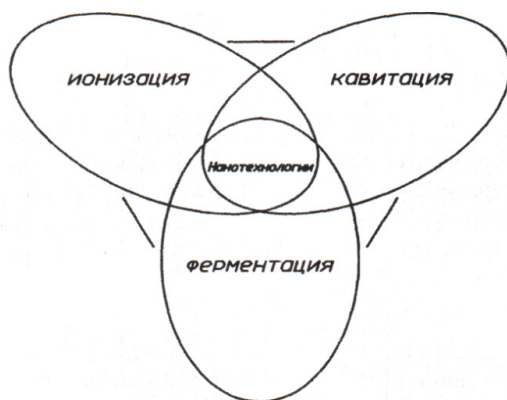


Рис. 3. Концептуальная модель триады процессов переработки зерна на кормовые сахара и глюкозо-мальтозо-аминокислотные кормовые добавки

Поскольку в классических технологиях для создания pH среды в необходимых пределах используются концентрированные кислоты, чтобы получить экологичный продукт, нами была применена ионизация и получен раствор с pH 4,0–4,5 на установке собственной конструкции. В результате вода приобретает большой отрицательный потенциал и становится низкомолекулярной.

Самым надёжным способом получения ионизированной воды является электролиз, в результате которого можно получать воду с заданными характеристиками и свойствами. Для этой цели мы использовали ионизаторы воды, которые позволяют получать воду двух видов: щелочную и кислотную. Для нормальной работы ферментов необходима кислотная вода с рН 4,5–5,0. Активированная ионизированная вода с рН 4,5–5,0 имеет положительный окислительно-восстановительный потенциал и низкомолекулярную структуру.

Размер молекул воды от 0,2 до 0,4 нм. В организме человека, животных и птицы около 70–75% воды, она служит основным поставщиком энергии, питательных и биологически активных веществ, выводит из организма отходы жизнедеятельности, обеспечивает гидратацию клеток и поддерживает их нормальные электрические свойства.

При получении кормовых сахаров из зернового сырья необходимо учитывать вид сырья, так как это оказывает существенное влияние на ход технологического процесса, на содержание сахаров в патоке и, как следствие, на качество и стоимость получаемых зерновых патоков.

Технология биоконверсии зерна на кормовые патоки включает следующие основные этапы: подготовка зерна (дробление или замачивание), подготовка воды (электродиализная обработка), желатинизация и ферментативное разжижение в условиях кавитационных воздействий, ферментативное осахаривание крахмалов в условиях газовихревого перемешивания. Предлагаемая технология биотехнологической переработки зерновых крахмалоносов на углеводные кормовые добавки позволяет получать продукты с содержанием легкоусвояемых сахаров от 16 до 32%.

Подготовка зерна заключается или в его измельчении до крупной дроблёнки, или в замачивании в воде в течение 8–12 ч при температуре 16–25 °С. Подготовка воды необходима в том случае, если в воде повышено содержание ионов Fe^{+3} , Cr^{+3} и т.п., содержание органических примесей, включая пестициды, а также для корректировки pH водной среды.

Далее измельчённое (замоченное) зерно порциями вносят в роторно-пульсационный аппарат (РПА) с подготовленной водой, имеющей pH 4,5–5,5. Соотношение между зерном и водой зависит от вида сырья и находится в диапазоне 1–1,5: 3.

В РПА смесь обрабатывается до 4 ч в зависимости от вида сырья. В ходе такой обработки водно-зерновая суспензия разогревается и гомогенизируется. Ферментативная биоконверсия зерновых крахмалов в условиях кавитационных воздействий способствует ускоренной эрозии крахмальных гранул. При нагревании зерновой суспензии идёт желатинизация крахмала, в результате чего вязкость реакционной массы значительно повышается.

Температура стадии желатинизации поддерживается в пределах 55–70 °С. Для разжижения добавляют мультиэнзимные композиции (МЭК-1). После разжижения горячую смесь перемещают в газовихревой ферментер и добавляют МЭК-2 с целью осахаривания крахмала. Продолжительность стадии осахаривания до 4 ч при температуре 60–65 °С. Общая продолжительность процесса составляет 7–8 ч и зависит от типа зернового сырья и его объёма. В результате такой обработки из любого зернового сырья можно получать гомогенные смеси, содержащие легкоперевариваемые углеводы: глюкозу и мальтозу. Составы некоторых крахмалосодержащих гидролизатов представлены в табл. 20.

Таблица 20

Биоконверсия ржаного крахмалосодержащего сырья

Время обработки, ч	Цельное зерно		Дробленое зерно		Мука		Отруби	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	6,2	33,0	10,29	29,25	3,4	15,93	1,2	21,98
2	8,4	44,2	10,8	44,43	4,8	22,48	2,1	30,53
3	10,1	52,8	14,6	60,23	7,7	36,07	3,2	33,13
5	15,8	81,9	22,8	93,68	13,8	64,64	4,9	56,64
7	17,2	87,1	22,9	92,80	18,3	85,01	7,1	79,64
10	18,4	88,8	23,2	93,25	18,6	87,12	7,4	83,97
12	19,5	91,4	23,0	91,69	18,7	87,60	7,6	85,50
15	20,1	93,1	23,1	90,83	18,4	86,21	7,7	86,63

Примечание. 1 – содержание сахаров,%; 2 – биоконверсия крахмала,%.

Нами впервые предложен способ биоконверсии любого зернового сырья на кормовые углеводные добавки. Разработаны кавитационные установки, которые в совокупности с известными машинами (дробилки, шнеки, насосы и т.д.) составляют технологическую линию по получению патоки. Типоразмерный ряд данных технологических линий имеет производительность от 100 кг до 12 т готовой продукции в сутки. Это позволяет использовать данные линии как для мелких фермерских хозяйств, так и для крупных животноводческих комплексов.

Переработку крахмалосодержащего сырья на патоку, содержащую сахара, можно вести без стадии выделения крахмала (рис. 4).

Поскольку зерновые продукты являются сложными биохимическими системами, было уместно провести направленную деполимеризацию субстратов с использованием эффективного устройства, каким является роторно-пульсационный дезинтегратор (РПД).

Поэтому, на наш взгляд, целесообразно разрабатывать технологию биоконверсии наиболее распростра-

ненного местного крахмалосодержащего сырья на кормовые патоки и глюкозо-мальтозно-аминокислотные кормовые добавки из фуражной пшеницы, ржи, ячменя, тритикале. С целью уменьшения энерго- и ресурсозатрат биоконверсию крахмалосодержащего сырья предлагается проводить непосредственно из цельного или дробленого зерна.

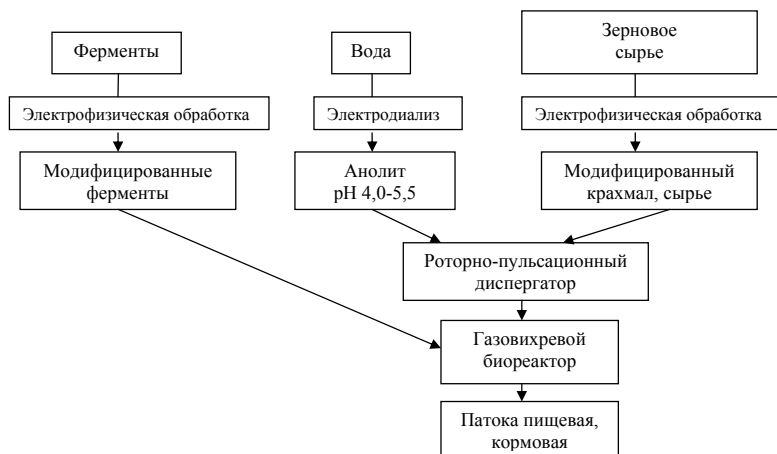


Рис. 4. Принципиальная блок-схема получения кормовых патоки в условиях электрофизических воздействий

Результаты исследований по биоконверсии различных местных зерновых крахмалоносов на углеводные кормовые добавки в условиях нанобиотехнологических воздействий приведены в табл. 20.

Показано, что зависимость глубины биоконверсии крахмала от степени измельчения зерна для ржаных крахмалопродуктов непрямая. Наиболее хорошо поддается биоконверсии дробленое зерно, а хуже из рассмотренных вариантов – ржаная мука. Известно, что во ржи повышенное содержание пентозанов (до 17%), которые при гидратации дают вязкие гетерогенные су-

спензии. При повышении степени измельчения сырья до фракции муки значительно увеличивается поверхность, на которой идет гидратация сырья, и в первоначальный момент образуются вязкие суспензии, в которых скорость ферментативных реакций понижена. Это особенно заметно в начальный период реакции, когда при использовании муки биоконверсия крахмала ниже в 3–5 раз, чем при использовании цельного или дробленого зерна.

По мере прохождения биоконверсии вязкость раствора понижается, скорость ферментативного гидролиза увеличивается, и общая биоконверсия ржаной муки приближается к показателям цельного зерна (см. табл. 20). Анализ полученных данных показал, что наиболее оптимальная степень измельчения для технологии биоконверсии крахмалосодержащего сырья – дробленое зерно, в котором рационально сочетаются степень дисперсности сырья и вязкость получаемой суспензии.

В РПД удалось подвергнуть ферментативному гидролизу и ржанные отруби, когда под действием мультиэнзимных композиций, включающих амилалитические и целлюлозолитические ферменты, общая биоконверсия крахмала достигала 83–85 %. Таким образом реализуется безотходная технология переработки зерна ржи на кормовые добавки.

Известно, что рожь ограничено используется при кормлении птицы. Это связано с тем, что в состав ржи входит большое количество пентозанов, которые в желудке птицы образуют очень вязкие массы, препятствующие нормальному протеканию жизненно важных физиологических процессов. Мультиэнзимные композиции способствуют деполимеризации пентозанов, вязкость получаемых ржаных добавок значительно понижается,

в результате кавитационной обработки зерна происходит инактивация антипитательных компонентов. Поэтому количество ржаных продуктов в рационе птицы можно значительно увеличивать.

Биоконверсия крахмалосодержащего сырья из тритикале (табл. 21) протекает иначе, чем у компонентов из ржаного сырья. Так, например, при биоконверсии цельного зерна тритикале через 1 ч содержание сахаров составило 2,6% при биоконверсии крахмала 13,72%, тогда как при биоконверсии ржаного зерна за этот же временной промежуток содержание сахаров составило 6,2% при биоконверсии крахмала 33,0. Эти различия сохраняются вплоть до времени обработки 7 ч, однако через 10 ч обработки содержание сахаров и биоконверсия крахмала практически выравниваются. Аналогичная картина наблюдается при биоконверсии дробленого зерна. Однако при гидролизе муки различия в общем содержании сахаров и степени биоконверсии практически нивелируются.

Таблица 21

**Биоконверсия крахмалосодержащего сырья на патоку
из тритикале**

Время обработки, ч	Цельное зерно		Дробленое зерно		Мука	
	1	2	1	2	1	2
1	2,6	13,72	2,9	15,31	3,9	18,27
2	3,8	20,06	4,4	23,23	5,7	26,70
3	5,1	26,81	5,6	29,44	8,4	39,35
5	9,9	51,79	10,2	53,35	14,2	66,52
7	14,6	75,42	15,3	79,03	19,0	89,00
10	17,8	87,07	17,2	88,10	19,3	90,41
15	19,1	93,43	19,2	96,17	19,5	91,35
20	19,6	96,32	19,7	96,81		

Примечание. 1 – содержание сахаров,%; 2 – биоконверсия крахмала,%.

Биоконверсия пшеничных крахмалосодержащих образцов протекает аналогично ржаным продуктам, одна-

ко в связи с большим содержанием крахмала в исходном сырье общее содержание сахаров несколько выше, чем в ржаном сырье, при этом степень биоконверсии крахмала находится на одном уровне.

Таким образом, в результате гидродинамических и ультразвуковых воздействий, реализуемых в роторно-пульсационном диспергаторе, успешно проходит ферментативный гидролиз различного зернового сырья с получением кормовых добавок, содержащих значительное количество легкоперевариваемых углеводов (глюкозы, мальтозы) и аминокислот.

Химический анализ зерновых гидролизатов показал значительное содержание в них сахаров. Это позволило предложить их в качестве добавки к основному рациону. Разработаны ТУ и ТИ, изданы и утверждены.

В ферментативную биоконверсию в условиях кавитационных воздействии с получением кормовых паток и ГМАД можно вовлечь также отходы мукомольного производства – отруби.

В РПА одновременно с гомогенизацией зерна идёт нагревание суспензии и осуществляется самая трудная стадия гидролиза крахмала – стадия клейстеризации и затем разжижения крахмала.

В газовихревом ферментере проводится самая длительная стадия – стадия осахаривания.

Таким образом, общую схему биоконверсии зернового сырья на нанодобавки целесообразно осуществлять поэтапно: самые энергозатратные стадии: клейстеризацию и разжижение – в РПА, а самую продолжительную – осахаривание – в газовихревом ферментере.

Нами показано, что использование в качестве реакционной среды анолита – кислой фракции электро-

активированной воды (ЭАВ) – позволяет существенно снизить длительность гидролиза нативных крахмалов. В связи с этим было предложено использовать ЭАВ качестве реакционной среды. Это позволяет снизить общую продолжительность процесса до 6 ч, исключить соляную кислоту и уменьшить в среде содержание ионов железа, которые являются ингибиторами ферментативного гидролиза.

Наиболее перспективным продуктом для восполнения дефицита сахаров в рационах птицы является глюкозо-мальтозо-аминокислотная кормовая добавка, полученная по технологии СибНИТИП путём переработки зернового крахмалосодержащего сырья [4, 5].

Разработанная ресурсосберегающая экологичная технология переработки зерна ржи и пшеницы на глюкозо-мальтозо-аминокислотную кормовую добавку позволяет также восполнить в рационах птицы дефицит энергии.

Проведены испытания на безопасность добавки из зерна в Новосибирской межобластной ветеринарной лаборатории, разработана и утверждена в установленном порядке нормативная документация. Детально изучены питательность, биохимические свойства и безопасность для скармливания добавки [8, 13, 14, 21].

На основании проведенных исследований и апробации новой технологии на производстве установлено, что в условиях рынка и постоянного повышения стоимости энергоресурсов наиболее целесообразно и эффективно для восполнения дефицита энергии в рационах птицы скармливать патоки и глюкозо-мальтозо-аминокислотные добавки, получаемые из зерна с использованием элементов нанобиотехнологий.

7. АКТУАЛЬНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В современных условиях при наличии большого числа неблагоприятных факторов, повышающих степень риска заболеваемости человека, значительное внимание уделяется созданию продуктов питания повышенной пищевой ценности. Вступление России в ВТО также диктует необходимость расширения ассортимента функциональных продуктов, удельный вес которых на рынке должен составлять не менее 30%. В странах, достигших значительных успехов в сельскохозяйственном производстве, проводится активная работа по созданию новых форм организации экопредприятий.

Международная комиссия по окружающей среде уделяет большое внимание проблемам достижения устойчивого сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности. В экономически развитых странах широкое распространение получили модели устойчивого развития экологически безопасных, экономически выгодных систем сельскохозяйственного производства, в частности, модификации биологических методов хозяйствования, известные как «органическое», «биологическое», «экологическое» сельское хозяйство [24–31].

Идеология ведения органического сельского хозяйства предполагает оптимальное сочетание интересов сельхозпроизводителей, потребителей экологической продукции и благополучное состояние окружающей среды. Такой подход предполагает достижение единства целей и сочетания социальных, экономических и экологических аспектов данной проблемы, неразрывно взаимосвязанных.

Главной целью ведения органического сельского хозяйства является улучшение состояния и производитель-

ности находящихся во взаимозависимости почв, растений, животного мира и людей.

Международная ассоциация органического сельского хозяйства (IFOAM) такое производство характеризует как «Единый системный подход, представляющий собой набор операций, нацеленных на достижение устойчивости экосистем, безопасности продуктов питания, благополучия обитания популяций животных, социальной справедливости». Существуют четыре принципа создания органического сельского хозяйства, сформулированных международной ассоциацией IFOAM. Эти принципы применимы к сельскому хозяйству в широком смысле слова и включают методы, с помощью которых люди ухаживают за растениями и животными, контролируют качество питьевой воды с целью производства экологически безопасных продуктов питания. Целью органического земледелия является не только получение качественных экологически безопасных, натуральных продуктов питания, но и, в первую очередь, достижение устойчивого развития сельского хозяйства, обеспечение самовосстановления почв, забота о будущих поколениях.

Органическое сельское хозяйство быстро развивается и практикуется более чем в 120 странах мира. Следует отметить, что покупатели отдают предпочтение органическим продуктам, несмотря на то, что цены на них в среднем на 20 %, а на отдельные продукты в 2–2,5 раза выше, чем на обычные. В настоящее время в Европейском союзе продукты «organic» производят в соответствии со стандартами Общеввропейского соглашения по органическому производству сельскохозяйственной продукции – стандарт ЕС № 834/2007. Основная цель стандартов «organic» – обеспечить максимальную безопасность продуктов: отсутствие вредных химических соединений

и ГМО, а также максимальную сохранность нутриентов: полноценных белков, углеводов, жиров, витаминов и т.д.

Стандарты «organic» для животноводства предусматривают максимальное удовлетворение потребностей каждого животного, которых кормят только сертифицированным кормом, никогда не вводят гормоны, антибиотики и т.д. Полностью запрещены химическое рафинирование и дезодорирование, гидрогенизация, радиационное облучение, искусственные консерванты, улучшители вкуса, подсластители, ароматизаторы, ГМО.

Для присвоения продукту статуса «organic» контролирующие органы инспектируют каждый этап пути от поля до прилавка (производство, переработка, упаковка, хранение). Продукты «organic» являются основой здорового питания человека, их можно классифицировать как функциональные.

Многочисленными исследованиями доказано, что заболеваемость людей зависит от структуры питания. Потребление экологичной пищи снижает риск возникновения сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, продлевает срок жизни человека. В условиях, сложившихся в наше время, вместе с продуктами питания человек постоянно употребляет в пищу различные микрокомпоненты, которые могут оказывать неблагоприятный эффект на организм, будучи накоплены или употреблены в относительно повышенных количествах. Рассмотрим некоторые из этих веществ.

Во-первых, в их число входят так называемые природные токсиканты. К ним относятся натуральные, присущие данному виду продукта, образующиеся в ходе самого роста биологически активные вещества, которые при условии возникновения определенных обстоятельств могут вызвать токсический эффект.

Ко второму типу относятся «загрязнители», т.е. токсичные вещества, которые поступают в пищевые продукты из окружающей среды из-за различных нарушений технологии выращивания, производства или хранения продуктов, а также других причин, к которым можно отнести загрязнение окружающей среды, экологические факторы и техногенные загрязнения.

Наиболее опасными токсикантами в пищевых продуктах являются тяжелые металлы, остатки пестицидов, микотоксины, нитраты, нитриты, нитрозоамины, контаминанты (антибиотики, гормональные и некоторые регуляторы роста растений), диоксины. Взрослый человек усваивает 10 % свинца, а дети – 40 %. Биологический период полувыведения свинца из мягких тканей и органов – 20 дней, а из костей – до 20 лет. По данным ФАО, ДСД (допустимая суточная доза) свинца – 0,007 мг/кг массы тела, а ПДК в питьевой воде – 0,05 мг/кг.

Микотоксины – это яды, продуцируемые грибами, они выдерживают высокое давление, обладают очень мощным ферментативным аппаратом, который позволяет им адаптироваться в окружающей среде. Продуцированию микотоксинов способствует длительное неправильное применение химических средств защиты, монокультура и др.

Диоксины – это высокотоксичные вещества сложной химической структуры, суперъяды, ксенобиотики, имеющие техногенное происхождение, связанное главным образом с производством и использованием хлорорганических соединений и их утилизацией. Источниками диоксинов являются также нефтепереработка, металлургическая промышленность и т.д.

Вредные факторы пищи можно разделить на следующие группы: биологические, химические и природные.

Биологические факторы. Контаминация продуктов питания бактериями, вирусами определяется как биологический фактор. По данным ВОЗ, пищевые токсикоинфекции в 22 % случаев связаны с микробной контаминацией яиц и яичных продуктов (только при употреблении сырых яиц). Также установлено, что самое большое число (40 %) пищевых заболеваний связано с домашним приготовлением пищи, 22 % инфекций возникает в ресторанах и кафе, 9 % – в детских садах и школах, 3 % – в больницах.

Несмотря на систему эпидемиологического и бактериологического контроля на разных этапах пищевого производства, сохраняется проблема возникновения частых пищевых токсикоинфекций. В эпидемиологическом отношении лидерами остаются бактерии группы *Salmonella*, вызывающие пищевую инфекцию, и *Clostridium botulinum*, вызывающие интоксикацию.

Важной проблемой является микотоксикоз. Микотоксины обладают мутагенной, тератогенной и канцерогенной активностью, могут сохраняться при переработке пищевого сырья, устойчивы к внешнесредовым воздействиям. Афлатоксины – метаболиты грибов рода *Aspergillus* – способны вызывать острое поражение печени при попадании больших доз токсина. Малые дозы афлатоксинов индуцируют рак печени, причем характерной особенностью их действия является отдаленность (через десятилетия) развития болезни.

Химические факторы. Подавляющее большинство пищевых продуктов в качестве неизбежных примесей содержат ксенобиотики и химические токсиканты, такие как пестициды и продукты их разложения, антибиотики, фунгициды, гормоны и их метаболиты, токсичные элементы, диоксины, в том числе радионуклиды (цезий-137, стронций-90, йод-131).

Первичное загрязнение большинством веществ этой группы возникает как результат промышленных выбросов и неправильной организации сельскохозяйственного производства. Попадание в пищевые продукты происходит через почву и воду. Как в окружающей среде, так и в пищевых продуктах химические токсины сохраняются длительно, проходя по всем звеньям пищевой цепи.

Воздействие химических контаминантов, которые могут попасть в пищевые продукты в дозах, превышающих предельно допустимые, заключается как в общетоксическом действии, так и в появлении специфических и отдаленных эффектов (аллергенного, мутагенного, тератогенного или канцерогенного).

Весьма часто обнаруживается загрязнение мяса и мясных продуктов метаболитами гормонов, используемых для ускорения роста сельскохозяйственных животных. Попадая в организм человека, они нарушают равновесие эндокринной системы, могут вызывать изменения в репродуктивной сфере. Токсические вещества по-разному накапливаются в пищевых продуктах, что зависит как от особенностей пищевых цепей и производства продуктов, так и от химической природы токсиканта.

Природные токсины. В данную группу включаются вещества разнообразной химической структуры, присутствие которых в пищевом продукте обусловлено самой природой.

Так, в картофеле присутствует гликозид соланин, который может вызывать отравление. В ряде случаев эти вещества накапливаются в продуктах в значительных количествах при нарушении технологии хранения или переработки.

Кроме вышеописанных вредных пищевых факторов следует упомянуть и о неоднозначном влиянии на здоро-

вье человека некоторых традиционных пищевых веществ. Классическим примером этого является холестерин, жизненно важное значение которого обусловлено участием в нескольких метаболических путях, а также его ролью как структурного элемента клеточных мембран. Однако при определенных условиях, в частности при развитии нарушений липидного метаболизма в печени, необходимо снижать пищевое поступление холестерина.

С учетом данных прогнозов ясно, что подверженность человека действию вредных пищевых факторов будет возрастать. Следовательно, актуальными становятся контроль, мониторинг и создание системы профилактики контаминации пищи. Принятые в Европе меры по обеспечению пищевой безопасности в настоящее время уже дают положительный эффект и в дальнейшем должны совершенствоваться.

Состояние здоровья птицы, её продуктивность, иммунологический статус, качество и безопасность продукции птицеводства во многом зависят от санитарного состояния кормов. Основными загрязнителями кормов растительного происхождения являются пестициды, минеральные удобрения, тяжелые металлы, радионуклиды, микотоксины.

Пестициды относятся к ингибиторам (отравителям) ферментов (биологических катализаторов). Под действием пестицидов часть биологических реакций прерывается, и это позволяет бороться с болезнями (антибиотики), дольше хранить пищу (консерванты), уничтожать насекомых (инсектициды) и сорняки (гербициды). Пестициды применяются главным образом в сельском хозяйстве, хотя их используют также для защиты запасов продовольствия, древесины и других природных продуктов. Во многих странах с помощью пестицидов ведётся химиче-

ская борьба с вредителями лесов, а также переносчиками заболеваний человека и домашних животных (например, с малярийными комарами).

ДДТ сейчас запрещен во всех развитых странах. Однако он сравнительно дешёв и до сих пор считается хорошим средством в определённых ситуациях, например, при борьбе с малярийными комарами. Решая вопрос о применении того или иного пестицида, часто приходится из двух зол выбирать меньшее.

Долговременные эффекты пестицидов, особенно в низких дозах, возможный синергизм их с другими загрязнителями среды и переносчиками болезней изучены слабо в связи с относительной новизной большинства ядохимикатов. Растут опасения, что «безвредные» следы их метаболитов, сохраняющиеся в пище, хотя и не оказывают токсического, а тем более летального действия, могут тем не менее снижать сопротивляемость к болезням и постепенно накапливаться в организме до опасного уровня.

В настоящее время вместо химических веществ разрабатывают аналогичные препараты растительного или органического происхождения (бактериальные, вирусные и др.), которые по своей эффективности не уступают химическим, но воздействуют, как правило, только на определенную группу вредителей и безопасны для остальных видов насекомых и теплокровных животных, включая человека.

К загрязнителям химической природы относятся и тяжёлые металлы (ТМ). Помимо отрицательного воздействия на качество продукции растениеводства и животноводства они наносят значительный ущерб здоровью человека. Особенно опасны металлы, не входящие в состав биомолекул, т. е. ксенобиотики: ртуть, кадмий и сви-

нец. По механизму токсического действия ТМ являются метаболическими ядами, участвующими в различных энзимных процессах путем взаимодействия с SH-группами белков. В ходе эволюции были выработаны механизмы предотвращения токсического эффекта ТМ, но при современных уровнях поступления этих элементов такие механизмы уже не могут достаточно надежно защищать живые организмы. Воздействие на человека повышенных концентраций ТМ сопровождается накоплением их в организме, причем это накопление происходит и при содержании металлов в природных средах гораздо ниже ПДК. Защита окружающей среды и пищевой цепи от загрязнения тяжелыми металлами является актуальной экологической проблемой. Важность ее для производства и переработки сельскохозяйственной продукции заключается в том, что накопление тяжелых металлов в возделываемых культурах может стать причиной контаминации в продуктах питания.

Содержание ТМ в кормах колеблется в широких пределах, при этом содержание меди в кормах меняется в 1,2–1,8 раза, кобальта – 2–4,8, никеля – 9–22, цинка – 2–15, марганца – 1,4–4, свинца – 3–23, кадмия – 5–15 и хрома – в 20–104 раза. Столь высокий интервал изменений содержания ТМ в кормах вызван как видом корма, так и условиями его производства.

На ряде птицефабрик определяли в пробах кормов содержание солей ТМ: исследовали комбикорма, мясокостную муку, известняк отечественного производства, рыбную муку производства Бельгии и Дании, соевые шроты (Индия), белково-витаминные минеральные добавки (БВМД). Во всех исследованных пробах кормов не обнаружили ртути, концентрация меди в них не превышала ПДК (80 мг/кг корма) и находилась в пределах 7,45–

13,70 мг/кг. Уровень цинка составлял 70,25–137,8 мг/кг (при ПДК в кормах для птицы 100 мг/кг), железа – 75,25–160,45 (ПДК – 200), т. е. содержание жизненно необходимых элементов (медь, цинк, железо) в комбикормах было достаточно для удовлетворения физиологических потребностей птицы. Уровень свинца равнялся 0,25–10,05 мг/кг (ПДК – 5 мг/кг), кадмия – 0,25–0,85 (ПДК – 0,4).

В пробах рыбной муки содержание ртути составляло 0,015–0,018 мг/кг, что ниже ПДК (0,1 мг/кг), кадмия – 0,57–0,59, свинца – 11,82–12,25. Уровень меди в рыбной муке производства Бельгии был равен 7,35 мг/кг, а производства Дании – 136,75. Содержание цинка (59,30–64,05 мг/кг) и железа (102,7–107,15) было ниже ПДК. В пробах DVL содержание ртути колебалось в пределах 0,01–0,04 мг/кг, кадмия – 0,55–0,95, свинца – 1,75–28,12, меди – 21,5–98,75, цинка – 232,5–418,75, железа – 219,4–550,45 мг/кг (для минеральных добавок ПДК ртути составляет 0,1 мг/кг, кадмия – 0,4, свинца – 50, меди – 500, цинка – 1000, железа – 3000 мг/кг. В известняках уровень ртути составлял 0,01–0,02 мг/кг, кадмия – 2,1–2,7, свинца – 22,6–31,7, меди – 1,05–6,95, цинка – 4,82–9,85, железа – 62,35–199,85 мг/кг.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в кормах, поступающих на птицефабрики, содержание ТМ превышает ПДК. В основном это касается свинца (комбикорма, рыбная и мясокостная мука) и кадмия.

Длительное скармливание таких кормов может привести к снижению продуктивности, ослаблению иммунитета птицы, а также вызвать контаминацию ТМ в продукцию птицеводства. Наиболее токсичны тяжелые металлы (ртуть, кадмий, свинец и т. д.), а также металлоиды – мышьяк, фтор, сурьма, селен. Большинство из них концентрируется в печени, почках, костях, в меньшей степе-

ни в мышечной ткани. Накапливаясь в печени и почках, они отрицательно влияют на функцию этих органов, их способность обеззараживать и выводить различные вредные вещества, поступающие из пищеварительного тракта. На все эти элементы установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в кормах для птицы (табл. 22).

Таблица 22

ПДК основных токсичных элементов в кормах, мг/кг

Виды кормов	Ртуть	Кадмий	Свинец	Мышьяк	Фтор	Хром
Комбикорм	0,05	0,3	3,0	0,6	20	0,6
Мясокостная мука	-	0,2	3,0	2,0	500	0,8
Рыбная мука	0,20	0,5	5,0	10,0	500	1,5
Жмыхи и шроты	0,02		0,5	0,4	10	2,0
Зерновые	0,03	0,01	0,5	0,2	3	0,2
Кормовые дрожжи	-	0,5	5,0	2,0	45	1,0
Минеральные корма	-	2,0	30,0	15,0	2000	3,0
Травяная мука	0,01	0,03	10,0	4,0	30	0,8
Премиксы	0,60	2,2	50,0	50,0	2000	-

При выборе зерна, жмыхов, шротов, животных кормов для приготовления комбикормов их необходимо проверять на токсичность. При выявлении токсичности проводят анализ кормов на наличие в них микотоксинов. В России официально утверждены предельно допустимые концентрации четырех микотоксинов, контроль которых в кормах и кормовом сырье обязателен.

Определены также толерантные уровни содержания микотоксинов в кормах, иначе называемые минимальной действующей дозой. При содержании микотоксинов выше этой дозы отмечают заметное угнетение роста молодняка и снижение продуктивности несушек. Микотоксины обладают также иммунодепрессивным действием, поэтому их присутствие в кормах приводит к снижению естественной резистентности организма птицы и создаются условия для возникновения вторичных заболеваний. При содержании в кормах микотоксинов в количе-

ствах, превышающих ПДК, корма прекращают давать птице либо в рацион добавляют корм, в котором токсины отсутствуют. В пригодных к скармливанию птице животных и растительных жирах I сорта кислотное число не должно превышать 10 мг, II сорта – 20 мг КОН/г, в рыбьем жире – 6 мг КОН/г, перекисное число не более 0,03; 0,1 и 0,02 % йода соответственно.

Комбикорма, представляя собой многокомпонентную смесь продуктов растительного, животного и минерального происхождения, являются высокопитательным субстратом для развития различных микробов и бактерий.

Таким образом, комбикорм одновременно может содержать микотоксины, бактериальные токсины, токсины жизнедеятельности амбарных вредителей, продукты окисления жиров, тяжелые металлы и другие загрязнители.

Действие токсинов не ограничивается поражениями пищеварительного тракта птицы. Их главная особенность – ослаблять иммунную систему. Различные микотоксины повышают чувствительность птицы к сальмонеллезу, кокцидиозу, псевдочуме и другим болезням, ослабляют действие вакцин. Для снижения вредного действия пораженного токсинами корма необходимо систематическое определение его токсичности. В России официально утверждены предельно допустимые концентрации (ПДК) для четырех микотоксинов, контроль которых в кормах и кормовом сырье обязателен (табл. 23).

Таблица 23

Микотоксины		
Наименование	Толерантный уровень, мг/кг	ПДК, мг/кг
Афлатоксин В ₁	0,025	0,25
Т-2-токсин	0,1	4,0
Дезоксиниваленол	1,0	10–20
Охратоксин А		
для цыплят-бройлеров	0,3	-
для кур-несушек	0,5	2,0

Контроль микотоксинов в кормовом сырье легче осуществлять с учетом их распространения в различных зерновых культурах. Афлатоксины чаще присутствуют в кукурузе, соевом шроте, значительно реже – в пшенице и ячмене. Дезоксиниваленол обычно обнаруживается в пшенице, реже в кукурузе и ячмене. Охратоксин распространен в ячмене и кукурузе, в других зерновых он обнаруживается значительно реже. Т-2-токсин встречается в зерновых, но чаще непосредственно в комбикормах, что связано с пониженной устойчивостью к действию плесневых грибов при хранении.

В связи с развитием промышленности, увеличением масштабов рудных разработок в последние годы токсичные химические элементы (ртуть, свинец, мышьяк, кадмий и др.) нередко в значительных количествах загрязняют корма, служат причиной хронических интоксикаций сельскохозяйственной птицы, снижения ее воспроизводительных качеств, иммунологического статуса. Попадая с кормом в организм, они могут ухудшать санитарное качество продуктов, концентрируясь в печени, почках и костях и в меньшей степени в мышечной ткани. Существуют предельно допустимые концентрации токсичных химических элементов в кормах для птицы и их продуктах (табл. 24, 25).

Таблица 24

Содержание химических элементов в кормах для птицы, мг/кг

Химические элементы	Птица на откорме	Куры-несушки
Ртуть	0,1	0,05
Кадмий	0,4	0,3
Свинец	5,0	3,0
Мышьяк	1,0	0,5
Селен	1,0	0,5
Фтор	50,0	20,0

**Предельно допустимые нормы содержания ТМ в продукции
птицеводства**

Химические элементы	Мясо, в т. ч. полуфабрикаты, свежие, охлажденные, замороженные (все виды)	Субпродукты охлажденные, замороженные	Яйца и продукты их переработки (меланж)	Яичный порошок
Свинец	0,5	0,6	0,3	3,0
Мышьяк	0,1	1,0	0,1	0,6
Кадмий	0,05	0,3	0,01	0,1
Ртуть	0,03	0,1	0,02	0,1

В качестве источника кальция птицефабрики и комбикормовые заводы используют различные известняки. По техническим условиям в известняке должно содержаться кальция не менее 34 %, магния – не более 1,5, фтора – 0,2, мышьяка – 0,015 свинца – 0,008 %, нерастворимого остатка (песка) – не более 4–5 %. Известняки, содержащие 11 % магния, называются доломитовыми и малопригодны для скармливания птице.

Важным показателем, характеризующим качество зерновых кормов, является общая кислотность, или определение свежести зерна. При высокой кислотности зерновых культур происходит накопление органических кислот, которые разрушают витамины и вызывают повышенную кислотность в желудочно-кишечном тракте птиц. Обычно считают, если кислотность не более 3,5°Н, то зерно свежее, если 3,5,5°Н, то это говорит о начале порчи зерна, если 5,5°Н, то оно плохо сохраняется, а если 7,5°Н, то непригодно для сохранения и 9,5°Н – непригодно для скармливания. Если зерно обработано органическими кислотами, этим показателем пользоваться нельзя. Качество зерновых кормов зависит от содержания в них некрахмалистых углеводов, которые птицей не усваиваются, нарушают пищеварение, загущают химус, что приводит к энтеритам (табл. 26).

Таблица 26

Содержание некрахмалистых углеводов в зерновых культурах, %

Сырье	Сырая клетчатка	Бета-глюканы	Пентозаны
Пшеница	2,0–3,0	0,2–1,5	5,5–9,5
Рожь	2,2–2,5	0,5–3,0	7,5–9,1
Тритикале	2,3–3,0	0,2–2,0	5,4–6,9
Ячмень	4,2–9,3	1,5–10,7	5,7–7,0
Овес	8,0–12,3	3,0–6,6	5,5–6,0
Кукуруза	1,9–3,0	1,0–2,0	4,0–4,3
Отруби	9,0–13,6	-	3,0–4,5

Содержание некрахмалистых углеводов неодинаково в различных зерновых культурах и зависит от сезонных изменений погоды. К сожалению, содержание всех некрахмалистых углеводов в кормах не определяют из-за длительности и громоздкости методов анализа. Многолетний опыт Испытательного центра ВНИТИП показал, что рыбная мука удовлетворительного качества должна содержать не более 1,0 % небелковых азотистых веществ (селитра, аммонийные соли), в том числе не более 0,3 % мочевины (по ГОСТ), не менее 4,0 % лизина и 1,5 % метионина. Как и все корма животного происхождения, рыбная мука может иметь повышенную микробную обсемененность, включая наличие сальмонелл. Поэтому ее необходимо исследовать на токсичность. Для оперативного контроля токсичности рыбной муки можно использовать биотесты. Исследования проводят на инфузориях (парамециях и стилонихиях) с использованием не только водного, но и ацетонового экстракта из рыбной муки.

Из биогенных аминов важнейшими в рыбной муке являются гистамин и кадаверин, концентрация которых в ней не должна превышать 0,5 и 1,0 мг/кг соответственно. Гистамин, поступая в желудочно-кишечный тракт птицы в больших концентрациях, чрезмерно повышает

секретурную функцию желудка, что приводит к возникновению язв в мышечном желудке. Кроме того, высокий уровень гистамина ответственен и за сверхстимуляцию иммунного ответа (высокие титры) при использовании живых вакцин на фоне рациона с высоким уровнем рыбной муки.

Исходя из вышеизложенного, наличие токсикантов в сельскохозяйственном сырье, выращенном на загрязнённых территориях, диктует необходимость обеспечения особых условий хранения и переработки полученной продукции, создания специализированных пищевых продуктов, способных повышать устойчивость человеческого организма к воздействию неблагоприятных факторов. Поэтому актуальными становятся проблемы получения пищевой продукции повышенной экологической безопасности, которые включают в себя все этапы – начиная от земледелия и заканчивая безопасными кормами.

8. ПРОБИОТИКИ

В развитых странах мира вопросы здорового образа жизни, включающего и здоровое питание, возведены в ранг государственной политики. Важнейшая национальная задача России – сохранение здоровья и продление жизни населения страны – связана с обеспечением функционального питания для всех возрастных групп граждан, которая отражена в «Концепции государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации» под общим названием «Пробиотики и функциональное питание» (ПФП) [101].

Функциональное питание – это продукты специального назначения естественного или искусственного происхождения, которые предназначены для систематического

ежедневного употребления и направлены на восполнение недостатка в организме энергетических, пластических или регуляторных пищевых субстанций. В ближайшие годы наиболее перспективными будут функциональные продукты на основе пищевых биологически активных белков, минералов, углеводов, сывороточных белков и антиоксидантов растительного происхождения. Отдельным перспективным направлением является разработка продуктов питания с пробиотическими свойствами, оказывающими позитивный эффект на организм человека посредством оптимизации его микрофлоры.

Меняя содержание и соотношение поступающих с ПФП определенных ингредиентов или их групп, можно регулировать все жизненные процессы, происходящие в органах и тканях, что позволяет вытеснить многие традиционные лекарственные препараты из арсенала средств сохранения здоровья, профилактической и восстановительной медицины.

Так, например, в Японии, где функциональное питание населения – давно уже государственная политика, продукты, специфически улучшающие здоровье человека, в основном направлены на оптимизацию бифидофлоры в пищеварительном тракте и содержат либо живые бифидобактерии, лактобацилы, либо соединения, стимулирующие их рост и развитие.

При совместном культивировании отобранных штаммов лакто- и бифидобактерий между ними формируются симбиотические отношения, которые заключаются в том, что лактобактерии снижают окислительно-восстановительный потенциал в питательной среде и тем самым создают более благоприятные условия для бифидобактерий.

Современная наука разрабатывает продукты функционального назначения для человека. Этому перспек-

тивному направлению уделяется достаточно серьезное внимание.

Основными составляющими функционального питания являются специальные микроорганизмы или вещества, способствующие их развитию: пробиотики, пребиотики и синбиотики.

Термин «пробиотики» в буквальном переводе двух слов «про» и «био» означает «для жизни», в отличие от «антибиотиков» – «против жизни». «Пробиотики» – это препараты или продукты с живыми микроорганизмами, которые оказывают благотворный эффект на здоровье человека посредством нормализации микробиоценоза кишечника.

Доказано, что пробиотические продукты необходимо применять с целью профилактики и в комплексной терапии функциональных и инфекционных нарушений деятельности желудочно-кишечного тракта, дисбактериозов, а также при применении антибактериальных препаратов.

В последние десятилетия в результате хозяйственной деятельности наблюдается рост числа и интенсивности физических и химических факторов, оказывающих негативное влияние на человека и окружающую среду. Чтобы питание не стало источником потенциально опасных веществ, необходимо обеспечить пищевую и перерабатывающую промышленность высококачественным отечественным сельскохозяйственным сырьём.

В этих условиях всё большее значение приобретает разработка новых теоретических подходов и практических рекомендаций по созданию технологий, обеспечивающих производство экологичного сырья, в частности продуктов птицеводства.

Использование молочно-кислой пробиотической добавки пробиласт отвечает этим задачам (разработчик канд. с.-х. наук В. П. Чебаков).

8.1. Характеристика пробиотиков

Попытки человека защититься от вредных микробов, в том числе путем химической обработки растительной пищи для увеличения срока хранения, привели к хроническому дефициту в организме полезной микрофлоры, которая обычно поступает с овощами и фруктами. В результате резко сократилось количество поступающих в организм бактерий-санитаров, выполняющих необходимую защитную функцию. Стало необходимым восполнить искусственно создаваемый дефицит в полезной микрофлоре.

Для этого нужно было выбрать микроорганизмы, разработать технологии их производства и способы применения. Благодаря труду специалистов-биотехологов были разработаны нетрадиционные для сегодняшней практической медицины, ветеринарии, агрономии подходы к решению проблем, связанных с сохранением здоровья и продуктивности высших организмов. Из природной среды были выделены и модифицированы бактерии-симбионты, обладающие свойством подавлять рост и развитие патогенной микрофлоры.

Новый путь создания лекарственных препаратов полностью соответствует направленности эволюционного процесса, и, следовательно, созданные лечебно-профилактические препараты на основе пробиотиков очень эффективны при лечении и профилактике широчайшего спектра инфекционных заболеваний человека и животных. Патогенная микрофлора не может в принципе приспособиться к бактериям, содержащимся в этих препаратах, поскольку они столь же или даже более динамичны в методах их вечной межвидовой борьбы. Важно также, что пути поступления как патогенных, так и полезных бактерий в организм практически одни и те же.

В настоящее время разработаны и успешно применяются в животноводстве как моно-, так и поликомпонентные пробиотики. Примерами могут служить: стрептоэколакт (молочно-кислые стрептококки), бифидумбактерин (бифидобактерии), лактобак (лактобактерии), ветом-1.1 (сенная палочка), биовестин (бифидобактерии), стрептобифид (бифидобактерии и молочно-кислый стрептококк), бификол (бифидобактерии), биовестин-лакто (бифидо- и лактобактерии), пробиласт, биомикс (комплекс молочно-кислых бактерий).

Молочно-кислая кормовая добавка (МКД) пробиласт (автор В. П. Чебаков) является одним из пробиотических компонентов функционального кормления птицы. Она представляет собой тягучую молочную эмульсию кремового цвета. В ней содержатся живые лактобактерии штамма 317/402 и термофильные стрептококки, а также продукты их жизнедеятельности, способные подавлять рост патогенной и условно-патогенной микрофлоры (сальмонеллы, шигеллы, стафилококк, протей, грибы, лактозодефектные и гемолитические формы кишечной палочки).

Данные микроорганизмы обладают антиоксидантными свойствами, предохраняют клетку от поломки механизма ее воспроизводства, благодаря чему обеспечивается профилактическое действие этих кормовых добавок. Формируются благоприятные условия для развития собственной резидентной нормофлоры.

При дисбалансе нормофлоры возникает дисбактериоз, который сопровождается развитием различных патологических состояний. Поэтому требуется постоянное внимание в поддержании нормофлоры в рабочем состоянии. Для направленного создания и восстановления биоценоза используют пробиотики в комплексе с продуктами функционального кормления.

8.2. Значение функционального питания в птицеводстве

Функциональное питание для птицы имеет такое же значение, как и для человека. Если учесть, что сырье для перерабатывающей промышленности (яйца, мясо) составляет птицеводство, то их качество будет отвечать целям переработки в большей степени в том случае, когда продукция будет получена на основе организации функционального питания птицы с использованием кормов, полученных с помощью новых технологий.

Проблемы внедрения экологичных технологий в производство сельскохозяйственной продукции заставляют по-новому подходить к организации кормления птицы.

В последние годы наблюдается большой интерес к кисло-молочным продуктам, содержащим пробиотические микроорганизмы (бифидобактерии, ацидофильные молочно-кислые палочки и др.) и комплексы, содержащие пищевые микроорганизмы для нужд животноводства.

Ведущая роль в нормализации микробиоценоза кишечника, улучшении процессов гидролиза, всасывания жиров, белкового и минерального обменов принадлежит бифидобактериям, которые в настоящее время относят к пробиотическим микроорганизмам. Колонизируя слизистую оболочку кишечника, бифидобактерии создают механическую преграду против внедрения возбудителей кишечных инфекций. Они разрушают канцерогенные вещества, образуемые некоторыми представителями кишечной микрофлоры при азотном обмене, выполняя функцию как бы второй печени.

Бифидобактерии активно участвуют в пищеварении, синтезе и всасывании витаминов группы В, витамина К,

фолиевой и никотиновой кислот, синтезируют некоторые незаменимые аминокислоты, участвуют в абсорбции в кишечнике солей железа, кальция, витамина D, обладают антиаллергическим действием.

Бифидобактерии являются естественным «биосорбентом», аккумулируя значительное количество соединений металлов, фенолов, формальдегидов, вызывающих изменения в иммунной системе. Бифидобактерии стимулируют лимфоидный аппарат, участвуют в создании общего пула иммуноглобулинов, повышают активность лизоцима, формируют неспецифическую защиту, активируют макрофаги.

Бифидобактерии в процессе жизнедеятельности образуют органические кислоты, снижая pH среды кишечника до 4,0 ед. Создавая кислую среду, они препятствуют размножению патогенной, гнилостной и газообразующей флоры, т.е. обладают выраженным микробным антагонизмом и регулируют определенный качественный и количественный состав нормальной кишечной микрофлоры. Это первый защитный барьер против инфекционных заболеваний.

Другими представителями нормальной кишечной микрофлоры являются молочно-кислые палочки, которые способны подавлять рост бактерий группы кишечной палочки, дизентерийных бактерий, сальмонелл, стафилококков и др. Молочно-кислые бактерии быстро связывают растворенный в молоке кислород и создают условия для развития облигатных анаэробов бифидобактерий.

Лактобактерии, как основная часть нормофлоры кишечника и других слизистых, принимают активное участие в поддержании гомеостаза организма, но роль лактобактерий несколько иная, чем бифидобактерий. Немаловажное значение имеет прямая антагонистическая

функция лактобацилл. В основе этого действия лежат три механизма:

- накопление в среде обитания органических кислот, в первую очередь молочной, а также уксусной, муравьиной и перекисей;
- лактобактерии способны синтезировать субстанции, сходные с антибиотиками;
- прямая цитадгезия в отношении многих видов патогенных микроорганизмов.

Выраженный антагонизм лактобактерий отмечен в отношении дизентерийной и кишечной палочек, а также против широкого круга патогенных бактерий и грибов рода *Candida*. Лактобактерии стимулируют выработку интерферона, играющего роль в противовирусной защите, подавляют гнилостные процессы в кишечнике. Продукты жизнедеятельности лактобактерий нейтрализуют микотоксины. Пробиотик, приготовленный на основе лактобактерий, обладает мощным бактериостатическим действием в отношении сальмонелл, шигелл, кишечных палочек, кандиды, стафилококков, гнилостных бактерий, стимулирует иммунную функцию, связанную с пищеварительным трактом, предотвращает поступление токсинов в сыворотку крови, способствует нормализации микробиоценоза кишечника, сохраняя колонизационную резистентность на высоком уровне.

Стрептококки являются одним из положительных компонентов микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Заселение пищеварительного тракта осуществляется с приемом молока матери животных. В организме бактерии принимают активное участие в пищеварении, синтезируют биологически активные вещества, аминокислоты, продуцируют антибиотические вещества – низин и диплококцин. Антибиотик низин нару-

шает проницаемость цитоплазматической мембраны патогенных микроорганизмов и ингибирует размножение клеток стафилококка. Стафилококки сбрасывают крахмал и обладают способностью усваивать минеральный азот.

Пропионово-кислые бактерии являются обитателями пищеварительного тракта. Конечные продукты их ферментации – пропионовая и уксусная кислоты – обладают антагонистической активностью к патогенным микроорганизмам. Эти бактерии активно продуцируют витамин В₁₂, связывают и выводят из организма микотоксины, включая афлатоксин, стимулируют иммунные механизмы защиты. Использование пропионобактерий в качестве пробиотика повышает жизнеспособность и продуктивность животных, а также эффективность использования кормов.

Использование пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков в питании животных способствует развитию полезной микрофлоры (нормофлоры), которая, заселяя желудочно-кишечный тракт и прикрепляясь к эпителиальным клеткам желудка и кишечника, успешно борется с патогенными микроорганизмами, поступающими из внешней среды. Кроме того, нормофлора обеззараживает токсины, принимает активное участие в синтезе витаминов В, С, D, Е, К, аминокислот, вследствие чего улучшается использование кормов организмом.

Причем важно, чтобы птица (цыплята и др.) получала эти продукты с первых дней жизни, что позволит ей сформировать нормофлору желудочно-кишечного тракта до контакта молодняка с патогенными и условно-патогенными микроорганизмами, создавая тем самым еще и надежный щит от инфекции и других заболеваний желудочно-кишечного тракта.

8.3. Производственные испытания молочно-кислой кормовой добавки

Целая серия опытов по эффективности применения на птице МКД пробиласт была проведена в ЗАО «Агрофирма Лебедевская» совместно с ДГУ ЭПП «Вектор-Би-Альгам», Управлением ветеринарии и Управлением сельского хозяйства Искитимского района. При этом было установлено, что при 100 %-й сохранности птицы среднесуточный прирост живой массы в опытных группах был значительно выше.

Возможность использования МКД при выращивании ремонтного молодняка яичных кур проверялась в ЗАО «Агрофирма Лебедевская» в 1994 и 1995 гг. Опытная и контрольная группы включали по 4320 голов каждая. Продолжительность эксперимента – с суточного до 42-дневного возраста.

Таблица 27

Влияние МКД на продуктивность и сохранность цыплят яичных пород

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Количество животных на начало опыта, гол.	4320	4320
Сохранность, %	96,6	97,5
Среднесуточный прирост живой массы 1 гол., г	9,5	10,1
к контролю, %	100	106,3
Средняя живая масса 1 гол. по окончании опыта, г	433	458
Получено дополнительно прироста живой массы, кг		122,2
Скормлено МКД за опытный период, л		8,6
в т. ч. на одну голову, мл		2
Получено дополнительно прироста живой массы на 1 л МКД, кг		14,2

Данные свидетельствуют о том, что при одинаковой сохранности цыплята опытной группы имели более высокий среднесуточный прирост живой массы (на 6,0%). За весь период испытаний до 42-дневного возраста было скормлено 8,6 л, или по 2,0 мл на голову. При этом было установлено, что в опытной группе было дополнительно получено больше прироста живой массы на 122,2 кг, или на каждый скормленный литр МКД 14,2 кг. Дальнейшие наблюдения показали, что более высокая жизнеспособность птицы сохраняется и при дальнейшей ее эксплуатации. Птица опытных групп была более однородной, и выход деловой молодки, получающей МКД, был выше на 3–6%.

Целесообразность использования МКД в мясном птицеводстве определялась в опытах в различных хозяйствах, Бердской, Новосибирской птицефабриках Новосибирской области и птицефабрике «Алком» Красноярского края. При этом на каждый скормленный литр было получено дополнительно прироста живой массы цыплят-бройлеров 26,8 кг.

В результате проведенных исследований было установлено, что сохранность поголовья птицы в группе, получавшей пробиотическую молочно-кислую добавку, составляет 90%, что выше, чем в группе, получавшей основной рацион, на 13,4% и приближено к стандарту по сохранности для кросса ISA. Из вышеизложенного следует, что молочно-кислая добавка с пробиотиками повышает сохранность цыплят-бройлеров.

Установлено, что молочно-кислая добавка оказывает положительное действие на динамику роста живой массы. Так, группа, получавшая молочно-кислую добавку, превосходит по приросту живой массы группу, получавшую основной рацион, от 5,1 до 10,7% в различные возрастные периоды.

Таблица 28

**Влияние МКД на продуктивность и сохранность
цыплят-бройлеров**

Показатель	Контроль- ная группа	Опытная группа
Количество животных на начало опыта, гол.	22167	28404
Сохранность, %	95,02	95,34
к контролю, %	100	104,2
Средняя живая масса 1 гол. по окончании опыта, г	1659	1728
Получено дополнительно прироста живой массы, кг		1868,5
Скормлено МКД за опытный период, л		69,615
в т. ч. на одну голову, мл		2,45
Получено дополнительно прироста живой массы на 1 л МКД, кг		26,8
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, кг	2,6	2,5

Расход кормов на единицу продукции по опытной группе был ниже на 4 % по сравнению с контролем. Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что применение молочно-кислой с пробиотиками добавки к основному рациону увеличивает не только сохранность, но и продуктивные показатели цыплят-бройлеров.

8.4. Использование МКД в качестве детоксиканта тяжёлых металлов

Были проведены исследования по влиянию МКД на снижение интоксикации тяжёлыми металлами (ТМ), в частности кадмием и свинцом, и получению экологичной продукции птицеводства.

В результате исследований было установлено, что сохранность поголовья птицы в группах, получавших в рационе МКД+ТМ, превысила контрольную группу на 13,4 % и приближена к стандарту по сохранности для этого кросса.

Было также установлено, что МКД оказывает положительное влияние на динамику роста живой массы птиц. Рост живой массы в опыте повышался на 10,7% на 15-е сутки, на 20-е сутки – на 7,6, на 30-е – на 5,2 и на 40-е – на 5,1% по сравнению с контрольной группой. В группе, получавшей тяжёлые металлы, наблюдалось повышение живой массы по сравнению с контрольной группой на 15-е сутки до 2,5%, на 30-е и 40-е – до 5,0%.

В ходе исследований было установлено, что содержание кадмия в белых мышцах цыплят-бройлеров в группах, получавших МКД+ТМ, ниже контрольной группы на 42,7–44,0%, содержание свинца – на 11,8–22,3%. Группа, получавшая повышенную дозу тяжёлых металлов, превосходит контрольную группу по содержанию кадмия на 80,0 и свинца – на 176,5%.

В красных мышцах цыплят-бройлеров содержание кадмия в группах, получавших ОР+МКД+ТМ, ниже контрольной на 44,8–47,6%. В группе, получавшей ОР+МКД+ТМ, произошло снижение количества кадмия на 16% по сравнению с контрольной группой.

Из приведённых выше результатов следует, что включение молочно-кислой добавки в рацион птицы способствует снижению интоксикации тяжёлыми металлами и оказывает положительное влияние на интенсивность роста, сохранность цыплят и экологическую чистоту выпускаемой продукции.

Нами был проведен опыт, который подтверждает эффективность использования пробиотической молочно-кислой добавки для снижения интоксикации тяжелыми металлами (табл. 29).

В ходе исследований методом вольтамперометрии было установлено, что содержание кадмия в белых мышцах цыплят-бройлеров снижается на 42,7% в груп-

пе, получавшей молочно-кислую добавку с повышенной концентрацией тяжелых металлов, по сравнению с группой, получавшей основной рацион с повышенным содержанием тяжелых металлов. Содержание свинца в группе, получавшей молочно-кислую добавку с повышенным содержанием тяжелых металлов, на 59,6 % ниже по сравнению с группой, получавшей основной рацион с повышенной концентрацией тяжелых металлов.

Таблица 29

Содержание тяжелых металлов в различных мышцах цыплят бройлеров при применении пробиотика, мг/кг сухого вещества

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Белые мышцы		
кадмий	0,1350±0,0010	0,0420±0,0009
свинец	0,2350±0,0009	0,0950±0,0024
Красные мышцы		
кадмий	0,1420±0,0019	0,0500±0,0021
свинец	0,4260±0,0028	0,1250±0,0025
Сердечная мышца		
кадмий	0,0060±0,0017	0,0050±0,0016
свинец	0,5470±0,0042	0,2620±0,0009

Примечание. Контрольная – ОР+ тяжелые металлы (ТМ) – доза 3 МДУ кадмия (1,5 мг/кг корма) и 3 МДУ свинца (15 мг/кг корма); опытная – ОР + ТМ + молочно-кислая добавка (0,2 мл раствора на 1 голову в день).

В красных мышцах цыплят-бройлеров наблюдается снижение содержания кадмия в группе, получавшей молочно-кислую добавку с повышенной концентрацией тяжелых металлов, на 64,8 % по сравнению с группой, получавшей основной рацион с повышенным содержанием тяжелых металлов. Исследование красных мышц на содержание свинца показало, что группа, получавшая молочно-кислую добавку с повышенной концентрацией тяжелых металлов, содержит токсического элемента на 70,6 % меньше, чем группа, получавшая

основной рацион с повышенной концентрацией тяжелых металлов.

При исследовании сердечных мышц было установлено, что содержание свинца снижается на 48 % в группе, получавшей молочно-кислую добавку с повышенным содержанием тяжелых металлов, по сравнению с группой, получавшей основной рацион с повышенной концентрацией тяжелых металлов. Кроме того, количественного увеличения кадмия в сердечных мышцах не произошло, что свидетельствует о том, что молочно-кислая добавка не позволяет накапливать тяжелые металлы в органах. Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что молочно-кислая добавка является детоксикантом и позволяет выводить повышенную концентрацию тяжелых металлов из органов и мышц цыплят бройлеров.

С целью получения экологичной продукции птицеводства необходимо использовать МКД по схеме производителя.

Нами был изучен также в качестве детоксиканта тяжелых металлов в организме птицы пробиотический препарат Кюссейн ЭМ.

В результате проведенных исследований было установлено, что введение в рацион цыплят бройлеров пробиотика при интоксикации ТМ способствует уменьшению их количества в тканях и органах до нормы, а также повышению продуктивности птицы, её сохранности и экологической безопасности продукции.

Содержание кадмия в грудных мышцах цыплят-бройлеров в группе, получавшей ОР+ЭМ, и в группе ОР+ЭМ+ТМ достоверно понизилось – на 36 и 35 % (табл. 30).

Таблица 30

**Содержание тяжелых металлов в мышцах птицы
при применении пробиотика Кюссейн-ЭМ-Агро-Обь, мг/кг**

Показатель	Группа			
	контрольная	ТМ	ЭМ	ЭМ+ТМ
Грудная мышца				
кадмий	0,0750± 0,0009	0,1350± 0,0011**	0,0480± 0,0009**	0,0490± 0,0019**
свинец	0,0850± 0,0011	0,2350± 0,0009**	0,1680± 0,0042**	0,0850± 0,0021
Бедренная мышца				
кадмий	0,1050± 0,0016	0,1420± 0,0019**	0,0470± 0,0018**	0,0450± 0,0014**
свинец	0,1050± 0,0007	0,4260± 0,0028**	0,1570± 0,0031**	0,0780± 0,0011**

* P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01.

Таблица 31

**Содержание тяжелых металлов в мышцах цыплят бройлеров
при применении пробиотика МКД, мг/кг**

Показатель	Группа			
	контрольная	ТМ	МКД	МКД+ТМ
Грудная мышца				
кадмий	0,075± 0,0009	0,135± 0,0011**	0,043 ± 0,0007**	0,042 ± 0,0009**
свинец	0,085± 0,0011	0,235± 0,0009**	0,104± 0,0016**	0,095± 0,0024*
Бедренная мышца				
кадмий	0,105± 0,0016	0,142± 0,0019**	0,047± 0,0011**	0,05 ± 0,0021**
свинец	0,105± 0,0007	0,426± 0,0028**	0,115± 0,0018*	0,125± 0,0025**

* P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01.

Содержание свинца в грудной мышце птицы, получавшей ОР+ЭМ, достоверно увеличилось на 97,6%, а в группе, получавшей ОР+ЭМ при интоксикации ТМ, находится на уровне контрольной группы.

В группе, получавшей тяжелые металлы, происходит достоверное повышение содержания кадмия в белых мышцах на 80, а свинца – на 176,5 % по сравнению с контрольной группой.

В красных мышцах содержание кадмия у птиц, получавших ОР+ЭМ и ОР+ЭМ+ТМ, достоверно снижается на 55 и 56 % по сравнению с контрольной группой.

Содержание свинца в красных мышцах птиц, получавших ОР+ЭМ, достоверно повысилось на 49,5 %, а в группе, получавшей ОР+ЭМ+ТМ, происходит достоверное снижение на 25,7 % по сравнению с контрольной группой.

При сравнении двух групп (ТМ и ТМ+ЭМ) по содержанию тяжелых металлов было выявлено, что пробиотик снижает содержание кадмия на 63,7–68,3, а свинца на 63,8–81,7 % по сравнению с группой, потреблявшей ТМ без добавки.

Содержание кадмия в белых мышцах птицы при применении ОР+МКД и ОР+МКД+ТМ достоверно снижалось (на 42,7 и 44 %) по сравнению с контрольной группой. Содержание свинца в белых мышцах птицы этих же групп достоверно увеличилось (на 22,3 и 11,8 % соответственно).

В ходе проведения исследований красных мышц цыплят-бройлеров на содержание ТМ было установлено, что при применении ОР+МКД и ОР+МКД+ТМ происходит достоверное снижение содержания кадмия (на 44,8 и 47 %) по сравнению с контрольной группой. Содержание свинца наоборот достоверно увеличивалось – соответственно на 9,5 и 19 % по сравнению с контрольной группой.

При сравнении двух групп (ТМ и ТМ+МКД) по содержанию тяжелых металлов было выявлено, что пробиотик МКД снижает содержание кадмия на 64,8 %-68,8, а содержание свинца на 59,5–70,6 % по сравнению с группой, потреблявшей ТМ без добавки.

В ходе проведенных исследований было установлено, что в белых мышцах цыплят контрольной группы содержание кадмия 0,075 мг/кг, что превышает ПДК в 1,5 раза. Применение рациона с пробиотиками при интоксикации ТМ групп ОР+МКД+ТМ и ОР+ЭМ+ТМ (3 МДУ кадмия и свинца) способствовало снижению интоксикации кадмием в белых мышцах птицы и его содержание составило 0,04 мг/кг. Что касается свинца, то он находится в пределах нормы (ниже 0,5 мг/кг). Содержание кадмия в мясе птицы, получавшей ОР+ТМ, превышает ПДК в 2,5 раза и составляет 0,135 мг/кг.

В ходе проведенных исследований было установлено, что содержание кадмия в красных мышцах птицы контрольной группы превышает ПДК в 2 раза. В группах получавших пробиотики МКД и ЭМ при интоксикации кадмием, ОР+МКД+ТМ и ОР+ЭМ+ТМ, его содержание находится в пределах нормы. Количество свинца также остается в пределах нормы (ниже 0,5 мг/кг).

В первом опыте дозировки пробиотиков не отрабатывались, т.к. были использованы дозировки производителей. Кюссейн ЭМ АгроОбь вводился в рацион птицы способом опрыскивания корма и самой птицы в течение первых 10 дней и в течение трех дней после выпойки байтрила. Пробиотик вводился в количестве 0,5 мл на одну голову в сутки.

ЭМ Кюссейн кормовая добавка выпаивалась в течение первых трех дней, а также после каждого взвешивания и вакцинации. Пробиотик вводился в количестве 0,2 мл на одну голову в сутки.

В первой серии экспериментов было установлено, что пробиотик молочно-кислая кормовая добавка по зоотехническим и биохимическим показателям наиболее ценен, а также способствует более эффективному сни-

жению содержания тяжелых металлов в продукции птицеводства, чем пробиотик Кюссейн ЭМ-Агро-Обь. Он и был использован в дальнейшей работе.

Для выполнения дальнейших задач по определению влияния молочно-кислой кормовой добавки на уменьшение аккумуляции тяжелых металлов в организме цыплят бройлеров нами была проведена вторая серия опытов, по скармливанию молочно-кислой кормовой добавки при интоксикации тяжелыми металлами в количестве 6 МДУ кадмия и 6 МДУ свинца.

Содержание свинца в белых мышцах птицы, получавшей молочно-кислую кормовую добавку, оказалось на 11 % меньше, чем в контрольной группе. Птица контрольной группы превосходит по содержанию свинца в красных мышцах на 3 % опытную группу, получавшую молочно-кислую кормовую добавку. В группе, получавшей пробиотик, содержание свинца в сердечной мышце на 30 % меньше, чем в контрольной группе. Содержание свинца в желудке птицы контрольной группы на 11 % больше, чем в опытной группе. Контрольная группа превышает опытную, получавшую пробиотик, на 39 % по содержанию свинца в печени (табл. 32).

Таблица 32

Содержание свинца в органах и тканях птицы, мг/кг

Показатель	ОР	ОР + ТМ	ОР + МКД	ОР+ТМ+МКД
Белые мышцы	0,046±0,184	0,454±0,088	0,041±0,074	0,119±0,070
Красные мышцы	0,043±0,137	0,668±0,136	0,041±0,140	0,124±0,147
Сердечная мышца	0,067±0,174	0,821±0,166	0,052±0,235	0,124±0,172
Желудок	0,050±0,223	0,909±0,172	0,045±0,174	0,151±0,152
Печень	0,066±0,248	0,819±0,156	0,043±0,174	0,177±0,222

* P<0,01; ** P<0,05.

Определение остаточного содержания свинца в белых мышцах цыплят-бройлеров при применении молочно-кислой кормовой добавки на фоне тяжелых металлов показало, что происходит снижение количества токсиканта в 3,8 раза по отношению к группе, получавшей тяжелые металлы. Содержание свинца в красных мышцах у птицы, получавшей тяжелые металлы, превосходит группу, где пробиотик выступает в роли детоксиканта, в 5,4 раза. Как показал опыт, происходит существенное накопление свинца в сердечной мышце при применении тяжелых металлов, однако группа, получавшая молочно-кислую кормовую добавку, при интоксикации тяжелыми металлами снижает накопление интоксиканта в 16 раз. Содержание свинца в желудке в группе, получавшей пробиотик в качестве детоксиканта, в 21 раз меньше, чем в группе, получавшей тяжелые металлы. Группа, получавшая тяжелые металлы, превосходит группу, получавшую пробиотик с повышенным содержанием тяжелых металлов, в 19 раз по содержанию свинца в печени.

Как показал проведенный опыт, количество кадмия во всех мышцах цыплят-бройлеров группы, получавшей молочно-кислую кормовую добавку, находится на одном уровне с контрольной группой и не превышает СанПиН.

По данным, полученным с помощью метода инверсионной вольтамперометрии, было установлено, что во всех группах, получавших молочно-кислую добавку при интоксикации тяжелыми металлами, содержание кадмия находится в пределах нормы. Количество кадмия в белых и красных мышцах птицы, получавшей тяжелые металлы, в 6,5 раз превышает МДУ. Что касается желудка и печени, то группа, получавшая тяжелые металлы, превосходит контрольную по содержанию кадмия в 48 раз.

9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУТОЛИЗАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОПРОДУКТОВ

Аутолизат представляет собой продукт аутолиза пивных дрожжей с последующей экстракцией, очисткой и сушкой.

Выпускается в виде порошка светло-коричневого цвета, тонкого помола. Изготавливается по ТУ 9291–001–78795584–06.

Химический состав аутолизата, %:

Сырой протеин	46–52
Сырой жир	5,5–6,5
Сырая клетчатка	1,25
БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества)	44–48
Сырая зола	4,9
Переваримый протеин, г/кг	440–460
Обменная энергия ккал/100	272,0

Основными структурными элементами аутолизата являются азотсодержащие вещества. В его состав входят белки, аминокислоты и нуклеиновые кислоты.

По содержанию аминокислот аутолизат близок к белкам животного происхождения (табл. 33).

Таблица 33

Аминокислотный состав аутолизата

Аминокислота	В сухом веществе, %	Рекомендуемый уровень аминокислот в комбикорме, %
Аргинин	0,56	0,9–1,2
Валин	1,60	0,64–0,94
Гистидин	0,48	0,3–0,5
Глицин	3,50	0,8–1,0
Изолейцин	1,26	0,6–0,85
Лейцин	5,70	1,3–1,5
Лизин	6,93	1,3–1,5
Метионин	0,31	0,3–0,5
Тирозин	0,65	0,9–1,43
Треонин	1,43	0,45–0,77
Фенилаланин	5,45	0,54–0,8
Триптофан	0,80	0,17–0,22
Цистеин	0,73	0,6–0,8

Содержание витаминов в аутолизате, мг/кг:

Рибофлавин, В ₂	30
Тиамин, В ₁	20
Биотин	0,6
Фолиевая кислота	20–35
Пантотенат кальция	40
Пиродоксин	25–35
Никотиновая кислота	28–32

Использование аутолизата дрожжей при выращивании бройлеров кросса ISA свидетельствует об эффективности его применения в промышленном птицеводстве. Эксперименты были проведены на птицефабриках «Бердская» и ОАО «Алком» [49, 138].

Для опыта в 7-дневном возрасте было отобрано две группы цыплят-аналогов по методике П. И. Викторова [35]. Цыплят выращивали в условиях клеточного содержания. Технология содержания соответствовала рекомендациям фирмы и была одинаковой для обеих групп. Первая группа, получавшая кормосмесь согласно существующим нормам, служила контролем, второй опытной группе в кормосмесь дополнительно вводили до 2% аутолизата. В процессе выращивания учитывали следующие показатели: живую массу путём индивидуального взвешивания; расход кормов; сохранность птицы; выход мяса при убойе по окончании опыта.

Результаты эксперимента представлены в табл. 34. Данные таблицы свидетельствуют о том, что среднесуточный прирост живой массы в опытной группе, получавшей аутолизат в количестве 2% дополнительно к основной кормосмеси, был выше на 2,9%. При этом расход кормов на 1 кг прироста живой массы в опытной группе был ниже на 7,1% и составил 1,69 кг против 1,82 в контроле.

Таблица 34

Результаты выращивания бройлеров с использованием аутолизата

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Количество птицы на начало опыта, гол.	31	31
Живая масса всей птицы, кг		
в начале опыта	4,123	4,123
в конце опыта	54,6	56,1,
Средняя живая масса 1 гол. в конце опыта	1,764	1,809
Среднесуточный прирост живой массы, г	45,3	46,6
к контролю, %	100,0	102,9
Израсходовано кормов, кг	92,0	88,0
Получено прироста живой массы, кг	50,5	51,9
Израсходовано кормов на 1 кг прироста живой массы, кг	1,82	1,69
к контролю, %	100,0	92,9
Сохранность птицы, %	93,6	97,8

Изучение использования аутолизата и пробиотика кормобактерин ЭМ-АгроОбь было проведено на цыплятах-бройлерах в ОАО «Алком».

По результатам производственной проверки была рассчитана экономическая эффективность (табл. 35).

Из таблицы следует, что введение в рацион цыплят-бройлеров препарата аутолизат и пробиотика способствует увеличению их живой массы на 6,9%, снижению на 9,3% затрат кормов на производство продукции, а также улучшению экономических показателей. В опытной группе значительно увеличилась прибыль. Если в контроле этот показатель составил 3218 руб., то в опытной – 5250 руб. Аналогичная зависимость наблюдалась и по рентабельности производства. В опытной группе этот показатель составил 54,8%, в то же время в контроле только 31,2%.

Таблица 35

**Экономическая эффективность использования пробиотика
с аутолизатом при выращивании цыплят-бройлеров**

Показатель	Группа	
	контроль- ная	опытная (аутолизат + пробиотик)
Начальное поголовье, гол.	250	250
Средняя масса в конце опыта, г	1729	1850
Валовой прирост живой массы, кг	409,7	449,5
Сохранность, %	94,8	97,3
Выход мяса, кг	245,8	269,4
Выручка от реализации, руб.	13519	14817
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	2,1	1,92
Общие затраты, руб.	10301	9567
Прибыль, руб.	3218	5250
Рентабельность, %	31,2	54,8

При потреблении корма с аутолизатом и пробиотиком у цыплят-бройлеров наблюдалось существенное снижение отложений тяжёлых металлов как в белых, так и в красных мышцах (табл. 36).

Таблица 36

Содержание тяжёлых металлов в различных мышцах птицы

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Белые мышцы		
кадмий	0,1200±0,0020	0,0380±0,0010
свинец	0,2190±0,007	0,0830±0,0014
Красные мышцы		
кадмий	0,1390±0,0010	0,0400±0,0019
свинец	0,3650±0,0011	0,0980±0,0018

Содержание кадмия снижалось в 3,2–3,4, свинца – в 2,6–3,7 раза.

10. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ НА АККУМУЛЯЦИЮ СВИНЦА И КАДМИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПТИЦЫ

Вещества-детоксиканты должны отвечать ряду требований: не должны иметь побочных эффектов, быть дешевыми и доступными, а самое главное, эффективно уменьшать в организме содержание токсикоэлемента [24, 27, 39, 55, 95].

Для испытания в качестве детоксикантов были использованы: ЭДТА с глюкозой, активированный уголь после фильтрации раствора сульфата магния, корень пиона и препарат гумадапт.

Все группы цыплят получали одинаковое количество ионов свинца в виде 10%-го раствора ацетата $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ежедневно.

Содержание свинца в органах и тканях является основным критерием экологической безопасности. Отложение в организме и различие в накоплении его в отдельных органах и тканях связано как с химическим действием металла, так и с биологическими особенностями птицы.

В постэмбриональный период увеличивается содержание большинства микроэлементов в теле: повышается минерализация костей при одновременном замедлении интенсивности метаболических процессов в костной ткани; возрастает потребление макро- и микроэлементов на единицу прироста при снижении уровня отложения их в организме; стабилизируются показатели минерального состава крови. Поэтому изучение уровня накопления свинца в органах и тканях птицы под влиянием детоксикантов и регуляторная роль костной ткани в перераспределении аккумулируемого организмом металла могут явиться основой использования детоксикантов.

В табл. 37 представлено содержание свинца в мышечной ткани цыплят на фоне применения различных детоксикантов.

**Содержание свинца в мышечной ткани цыплят
в возрастной динамике, мг/кг**

Группа	Возраст, недель				
	1	2	3	4	5
Кон- трольная	2,95±0,05	1,05±0,19	0,63±0,03	0,44±0,07	0,41±0,02
1-я	6,25±0,11**	4,05±0,29**	2,56±0,31*	1,94±0,23*	2,29±0,11**
2-я	4,37±0,17*	1,43±0,07	0,72±0,14	0,68±0,03	0,53±0,01*
3-я	4,79±0,21*	2,45±0,20*	1,11±0,13	1,08±0,02*	0,99±0,06*
4-я	6,08±0,18**	5,70±0,30**	1,57±0,19*	1,20±0,03**	1,36±0,22*
5-я	6,07±0,16**	2,23±0,20*	1,77±0,19*	0,65±0,03	0,70±0,06*

*P<0,05; **P<0,01.

Примечание. 1–5-я группы – 1,5 мг свинца; 2-я – 50 мг/кг гумадапта; 3-я – 1 % глюкозы с ЭДТА (3:1); 4-я – 1 % корня пиона; 5-я – 1 % угля активированного с сульфатом магния.

Уровень выведения свинца из организма менялся существенно, что, естественно, отразилось на уровне его отложения. Через неделю от начала опыта содержание свинца в мышечной ткани птицы, получавшей гумадапт (2-я группа), снизилось по сравнению с 1-й группой (не получавшей детоксиканты) на 1,88 мг, или на 30 %; в 3-й опытной группе, получавшей ЭДТА с глюкозой, – на 1,46 мг (23,4 %); в 4-й опытной группе, получавшей корень пиона, – на 0,17 мг (2,7 %); в 5-й группе, получавшей активированный уголь, – на 0,18 мг (2,9 %). Во 2-й и 3-й группах различия достоверны (P<0,05).

Через 5 недель содержание свинца в мышечной ткани цыплят 2-й группы было ниже, чем в 1-й, на 1,76 мг (на 76,8 %), в 3-й – на 1,3 мг (56,7 %), в 4-й – на 0,93 мг (40,6 %), в 5-й – на 1,59 мг (69,4 %).

Несколько по-иному происходило отложение свинца в костной ткани. Через неделю опыта содержание свинца в трубчатых костях цыплят 2-й группы было ниже на 0,18 мг (на 29,5 %), в 3-й – на 0,12 мг (19,7 %), в 4-й – на 0,17 мг (27,8 %), в 5-й – на 0,23 мг (на 37,7 %).

Через 5 недель опыта во 2-й группе содержание свинца в костях птицы было ниже на 1 мг (на 27,5%), чем в 1-й группе, в 3-й группе – на 1,48 мг (40,3%), в 4-й – на 2,2 мг (59,9%), в 5-й – на 1,31 мг (35,7%).

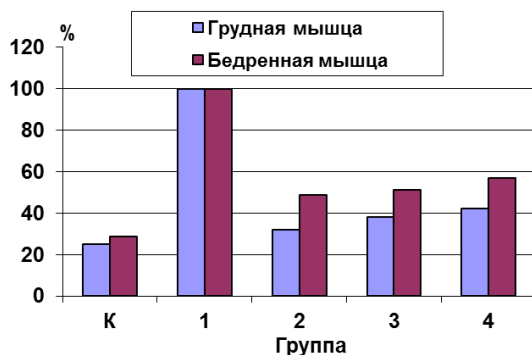
Следовательно, включение в состав рациона птицы детоксикантов на фоне высокого поступления свинца в организме влияет на отложение в организме металла как в мышечной, так и в костной ткани. Гуминовый препарат показал наилучшие результаты по снижению концентрации свинца в мясе птицы.

Поскольку наиболее эффективным детоксикантом был признан препарат гумадапт, в задачу следующего опыта входило определить его оптимальную дозировку. Препарат вводили с питьевой водой в концентрациях 50 мг/кг живой массы (2-я опытная группа), 100 мг/кг живой массы (3-я опытная группа) и 150 мг/кг живой массы (4-я опытная группа). Свинец (II) вводили в корм в виде 1% премикса.

Содержание свинца в грудной мышце цыплят 1-й опытной группы было самым высоким – 0,948 мг/кг, во 2-й опытной группе оно снизилось на 0,645 мг (68%, $P<0,05$), в 3-й группе – на 0,589 мг (62%, $P<0,05$), в 4-й группе – на 0,548 мг (57,8%, $P<0,05$).

Содержание свинца в бедренной мышце 1-й группы было также самым высоким – 0,577 мг/кг и превышало ПДК. Во 2-й группе оно снизилось на 0,296 мг (51,3%, $P<0,01$), в 3-й – на 0,282 мг (48,9%, $P<0,05$), в 4-й – на 0,95 мг (43,3%, $P<0,05$) относительно 1-й опытной группы, не получавшей гумадапт.

На рис. 5 видно, что эффективнее всего концентрация 50 мг/кг препарата (2-я группа), хотя две другие концентрации (100 и 150), также оказывают положительное действие. Во 2-й группе содержание свинца в грудной мышце цыплят-бройлеров достоверно не отличалось от контроля.



Группы: К – контрольная; опытные: 1–4-я – 2 МДУ свинца; 2-я – 50 мг/кг гумадапта; 3-я – 100 мг/кг гумадапта; 4-я – 150 мг/кг гумадапта

Рис. 5. Содержание свинца в мышечной ткани цыплят-бройлеров

Проведена и серия опытов по использованию **селен-содержащих** препаратов в качестве детоксикантов тяжелых металлов.

Одновременно с получением солей тяжелых металлов две опытные группы – 4-я и 5-я – потребляли добавки селенсодержащих препаратов. Для 5-й группы это был селенит натрия, очень часто используемый в сельском хозяйстве в качестве профилактического средства при гипоселенозах. Для 4-й группы в качестве детоксиканта использовали фармакопейное средство – органическое соединение селена – препарат «Селена Вэл». Препарат выпускается в таблетированной форме со строго дозированным количеством элементарного селена в каждой таблетке. Нами он был использован в сухом измельченном виде.

Группы, получавшие тяжелые металлы, потребляли одинаковое количество токсических веществ (одновременно с детоксикантами или отдельно). Количество селена, потребляемого птицей 4-й и 5-й опытных групп, также было одинаково.

Уменьшение накопления свинца наблюдается в органах обеих групп, получавших детоксиканты, в сравнении с группой, потреблявшей только тяжелые металлы (табл. 38).

Таблица 38

Распределение свинца по органам и тканям, мг/кг

Группа	Печень	Мясо	Кости	Сердце	Желудок	Перо	Почки
Контрольная	0,185± 0,009	0,124± 0,008	0,243± 0,011	0,227± 0,011	0,134± 0,007	0,437± 0,012	0,217± 0,007
1-я	1,733± 0,141***	1,392± 0,100***	2,268± 0,165***	0,547± 0,065***	0,436± 0,012***	2,179± 0,112***	0,575± 0,011***
2-я	0,219± 0,011**	0,099± 0,005*	0,254± 0,011	0,186± 0,009**	0,094± 0,003***	0,404± 0,015	0,190± 0,008*
3-я	0,176± 0,008	0,112± 0,005	0,208± 0,010*	0,210± 0,010	0,108± 0,006**	0,384± 0,016*	0,207± 0,008
4-я	0,833± 0,027***	0,986± 0,049***	1,662± 0,085***	0,325± 0,011***	0,165± 0,008**	1,597± 0,087***	0,327± 0,008***
5-я	0,446± 0,015***	0,511± 0,015***	1,093± 0,066***	0,305± 0,012***	0,147± 0,007	1,254± 0,044***	0,285± 0,009***

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

Примечание. 1-я группа – тяжелые металлы; 2-я – органическое соединение селена; 3-я – неорганический селен; 4-я – ТМ и органическое соединение селена; 5-я – ТМ и неорганический селен.

У птицы, получавшей селенит натрия, максимальное содержание металла обнаружено в костях (1,093 мг/кг) и пере (1,254 мг/кг). Третье место по содержанию свинца занимают мышцы – 0,512 мг/кг. В печени концентрация свинца составила 0,445 мг/кг, в сердце – 0,305, в желудке – 0,147 мг/кг. Все результаты отличались от контрольных значений с достоверностью $P \leq 0,001$. Исключение составляли ткани желудка, где различия были недостоверны.

По снижению концентрации ТМ (в сравнении с птицей 2-й группы, получавшей только тяжелые металлы) первым органом является печень. В ней содержание свинца уменьшилось в 3,9 раза.

Несмотря на то, что концентрация свинца в мясе осталась достаточно высокой, превышающей ПДК, уменьшение концентрации токсиканта произошло в 2,7 раза. В костях этот показатель стал меньше в 2,1, в желудке – в 3 раза.

В сердце снижение содержания свинца составило 1,8 раза, но и накопление металла здесь было не слишком высоким.

Меньше всего снизилось количество токсического элемента в пере – в 1,7 раза.

Селенит натрия эффективно снижал содержание свинца в органах и тканях бройлеров. Тем не менее, несмотря на высокие темпы уменьшения концентраций токсиканта, в печени этот показатель превышал нормы экологической безопасности.

Использование препарата «Селена Вэл» оказалось менее эффективно. Остаточное содержание свинца во всех без исключения органах было выше, чем в предыдущем случае, и соответственно темпы снижения меньше. Так, в костной ткани выведение свинца произошло до 1,662 мг/кг, это всего в 1,4 раза меньше, чем во 2-й группе. В пере уменьшение количества свинца наблюдается в 1,3 раза и составляет 1,597 мг/кг. В мясе обнаружено свинца 0,986 мг/кг, что соответствует снижению в 1,4 раза.

Самое большое уменьшение содержания металла наблюдается в мышечных тканях желудка – в 2,6 раза, в печени – в 2,1 раза, но концентрация его там все-таки высока – 0,833 мг/кг, а в желудке снизилось до пределов нормы – 0,165 мг/кг.

Снижение содержания свинца ниже ПДК в сердце – 0,325 мг/кг и в почках – 0,327 мг/кг. Это равно уменьшению в 1,7 и 1,8 раза соответственно. Следует добавить, что в этих органах и увеличение накопления токсиканта было невелико.

При применении препарата «Селена Вэл» все полученные результаты достоверно отличались от контрольных значений ($P \leq 0,001$).

Несколько иначе выглядит динамика выведения кадмия (табл. 39). И селенит натрия, и «Селена Вэл» уменьшают количество токсиканта в органах бройлеров, но однозначно сказать, какое из средств эффективнее, сложно.

Содержание кадмия в печени препаратом «Селена Вэл» снизилось в 2,2 раза и составило 0,094 мг/кг, в то время как селенит натрия показал уменьшение в 1,7 раза, и остаточное количество металла составляло 0,115 мг/кг ($P \leq 0,001$).

Таблица 39

Распределение кадмия по органам и тканям, мг/кг

Группа	Печень	Мясо	Кости	Сердце	Желудок	Перо	Почки
Контрольная	0,039± 0,002	0,0060± 0,0003	0,024± 0,001	0,0147± 0,0008	0,0047± 0,0004	0,015± 0,001	0,044± 0,002
1-я	0,199± 0,018***	0,012± 0,001***	0,053± 0,004***	0,079± 0,006***	0,0076± 0,0006***	0,075± 0,005***	0,223± 0,006***
2-я	0,026± 0,006***	0,0065± 0,0004	0,027± 0,001**	0,0207± 0,0013***	0,0056± 0,0003	0,0101± 0,0005	0,039± 0,002
3-я	0,032± 0,002*	0,0047± 0,0003**	0,032± 0,002***	0,021± 0,001***	0,0055± 0,0003	0,0154± 0,0007	0,040± 0,002
4-я	0,091± 0,005***	0,0072± 0,0004*	0,038± 0,002***	0,041± 0,002***	0,0050± 0,0002	0,0338± 0,0015***	0,157± 0,006***
5-я	0,115± 0,009***	0,0080± 0,0004***	0,030± 0,001***	0,031± 0,001***	0,0052± 0,0003	0,023± 0,001***	0,178± 0,006***

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

Примечание. 1-я группа – тяжелые металлы; 2-я – органическое соединение селена; 3-я – неорганический селен; 4-я – ТМ и органическое соединение селена; 5-я – ТМ и неорганический селен.

Аналогичная картина наблюдается в отношении мышечной ткани. Снижение содержания кадмия в ней эффективнее при применении «Селена Вэл» – в 1,7 раза, в то время как при использовании селенита натрия ко-

личество кадмия уменьшилось в 1,5 раза. Тем не менее абсолютные величины содержания металла в мясе отличаются в обоих случаях незначительно: 0,008 мг/кг (селенит натрия) и 0,007 мг/кг («Селена Вэл»), что соответствует нормам экологической безопасности продукта.

Снижение концентрации кадмия в почках составило: в 4-й группе – в 1,4, в 5-й – в 1,3 раза, остаточное содержание металла 0,157 и 0,178 мг/кг соответственно.

В костях, сердце и пере эффект снижения содержания токсикоэлемента выше при применении неорганического селена. В костной ткани птицы 5-й группы содержание кадмия составляет 0,030 мг/кг (уменьшение в 1,8 раза), при использовании «Селена Вэл» эта величина равна 0,038 мг/кг (уменьшение в 1,4 раза).

В сердечной мышце птиц 4-й группы кадмий содержится в количестве 0,041 мг/кг, что соответствует снижению в 1,9 раза. У птиц 5-й группы содержание кадмия составляет 0,031 мг/кг, что ниже в 2,5 раза, чем в случае интоксикации тяжелыми металлами ($P \leq 0,001-0,05$).

В пере концентрация металла селенитом натрия снизилась в 3,3 раза и составила 0,023 мг/кг. При применении препарата «Селена Вэл» снижение менее эффективно – в 2,2 раза, и содержание кадмия в пере бройлеров 4-й группы составило 0,034 мг/кг.

В мышечных тканях желудка уменьшение содержания кадмия для обоих препаратов одинаково – в 1,5 раза, остаточное количество металла – 0,005 мг/кг для птицы обеих групп.

Несмотря на небольшие различия в остаточных количествах кадмия в тканях и органах птицы при применении разных детоксикантов, необходимо помнить о высокой токсичности кадмия и о том, что даже небольшие дозы этого элемента могут быть очень вредны.

Проанализировав полученные данные серии экспериментов, можно сказать, что для выведения токсичных элементов из организма птицы при хронической интоксикации большей эффективностью обладает селенит натрия при одинаковой концентрации селена в детоксикантах. Его применение оптимально для выведения свинца и показывает положительную картину детоксикации кадмия.

Были проведены также исследования по изучению *серосодержащих препаратов* в качестве детоксикантов тяжелых металлов в организме птицы.

Для опыта по принципу аналогов была подобрана птица в группы по 20 голов в каждой в суточном возрасте. В первой серии опытов контрольная группа получала основной рацион (ОР), в котором содержится естественный фон микроэлементов, 1-я опытная подвергалась нагрузке тяжелыми металлами, количество токсинов на 1 кг корма следующее: медь – 6,29; цинк – 30,2; свинец – 0,97; кадмий – 0,4; 2-я и 3-я группы получали с кормом метионин из расчета нормы в 1,5 раза больше МДУ, т.е. 9 г/кг корма, 4-я и 5-я группы получали метионин в количестве 12 г/кг корма, т.е. 2 МДУ [119].

Во второй серии экспериментов было взято два детоксиканта. Контрольной группе скармливали основной рацион, 1-я опытная подвергалась нагрузке тяжелыми металлами из расчета 4 МДУ, 2-я опытная группа с основным рационом и повышенным фоном токсиканта получала тиосульфат натрия из расчета 1,5 МДУ, 3-я группа получала два детоксиканта при повышенном введении тяжелых металлов – метионина 2 МДУ и тиосульфата 1,5 МДУ, 4-я группа при фоновом содержании тяжелых металлов получала 2 МДУ тиосульфата, 5-я группа под-

вергалась нагрузке токсикантом и параллельно вводился детоксикант – 2 МДУ тиосульфата натрия.

При введении метионина в количестве 9 мг/кг корма содержание в мышечной ткани цинка понизилось на 63,4%, кадмия – на 23,07, свинца – на 42,5, меди – на 42,2 по сравнению с контрольной группой; во 2-й группе (ОР +12 мг/кг корма) – на 41,2; 23,7; 51,06 и 82,4% соответственно.

При повышенном фоне токсиканта в рационе птицы и введении детоксиканта установлено, что в мышечной и костной тканях наблюдалось снижение количества тяжелых металлов. В мышечной ткани концентрация кадмия снизилась на 23,08%, свинца – на 27,58 и 27,42%. В костной ткани содержание кадмия понизилось в 1-й группе на 5,95%, во 2-й – на 26,22, свинца – на 13,38 и 18,24% соответственно (табл. 40).

Наибольшее снижение токсиканта произошло в группе, где использовали детоксикант в количестве 12 мг/кг корма.

Таблица 40

**Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани птицы
($M \pm m$), мг/кг**

Группа	Кадмий	Свинец
Контрольная	0,0013 $\pm$ 0,0001	0,0620 $\pm$ 0,0030
1-я	0,0010 $\pm$ 0,0002	0,0490 $\pm$ 0,0020**
2-я	0,0010 $\pm$ 0,0001	0,0450 $\pm$ 0,0010**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Примечание. Контрольная – ОР + 1,5 МДУ ТМ; 1-я – ОР + ТМ + 9 мг/кг корма метионина; 2-я – ОР+ ТМ+ 12 мг/кг корма метионина.

Определено влияние метионина на аккумуляцию тяжелых металлов в организме птицы при повышенном содержании ТМ в рационе птицы. При введении в комбикорм 1,5 МДУ тяжелых металлов и 1,5–2 МДУ метионина в печени наблюдалась тенденция к снижению concentra-

ции тяжелых металлов. При 12 мг/кг корма метионина разница была статистически достоверна ($P<0,001$), концентрация кадмия снизилась на 51,9–53,3, свинца – на 19,5–59,5 % (табл. 41).

Таблица 41

Содержание тяжелых металлов в органах птицы ($M\pm m$), мг/кг

Группа	Печень		Сердце		Желудок	
	кадмий	свинец	кадмий	свинец	кадмий	свинец
Контрольная	17,50± 0,88	11,54± 0,44	0,78± 0,04	5,78± 0,42	11,73± 2,75	20,89± 0,12
1-я	9,09± 0,24**	9,29± 0,59	0,69± 0,31	1,80± 0,69*	4,23± 0,73	10,58± 0,49**
2-я	9,32± 0,17***	4,67± 0,11***	0,35± 0,19 *	1,48± 0,34 **	4,28± 0,82	3,68± 2,09***

* $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$.

Примечание. Контрольная – ОР + 1,5 МДУ ТМ; 1-я – ОР + ТМ + 9 мг/кг корма метионина; 2-я – ОР+ ТМ+ 12 мг/кг корма метионина.

Наблюдалась тенденция к снижению содержания токсичных элементов в сердце и желудке, но 12 мг/кг корма метионина снижали концентрацию тяжелых металлов.

При использовании в качестве детоксиканта **тиосульфата натрия** по сравнению с птицей контрольной группы в 1-й опытной в белых мышцах произошло увеличение концентрации свинца за счет введения 4 МДУ тяжелых металлов в 9 раз, во 2-й группе – в 2,2 раза, в 3, 4 и 5-й опытных группах – снижение на 21; 25; 7,5 % соответственно [122].

В красных мышцах в 1-й группе птицы произошло накопление свинца на 45,9%, во 2-й группе – на 6,5, а в 3-й и в 4-й концентрация снизилась на 8,2%. У птицы 5-й группы наблюдалось увеличение содержания свинца на 21,3 % (табл. 42).

Таблица 42

Распределение свинца по тканям птицы (M±m), мг/кг

Группа	Мышцы	
	белые	красные
Контрольная	0,052±0,002	0,061±0,002
1-я	0,228±0,008**	0,089±0,004**
2-я	0,117±0,006**	0,065±0,002
3-я	0,041±0,002	0,058±0,001
4-я	0,039±0,001	0,056±0,001
5-я	0,056±0,004	0,074±0,004**

P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.

Примечание. Контрольная – основной рацион (ОР); 1-я – ОР + 4 МДУ ТМ; 2-я – ОР+ 4 МДУ ТМ + 1,5 МДУ тиосульфата натрия; 3-я – ОР + 4 МДУ ТМ + 2 МДУ метионина + 1,5 МДУ тиосульфата натрия; 4-я – ОР+ 2 МДУ тиосульфата натрия; 5 – опытная – ОР + 4 МДУ ТМ + 2 МДУ тиосульфата натрия.

Во 2-й опытной группе (ОР + 4 МДУ ТМ + 2 МДУ метионина + 1,5 МДУ тиосульфата натрия) содержание кадмия в печени понизилось по сравнению со 2-й группой, которая получала повышенный фон тяжелых металлов, в 3 раза, в 3-й группе – в 4, в 4-й (ОР+ 2 МДУ тиосульфата натрия) – в 6 раз уменьшилось содержание кадмия. В сердце наиболее низким содержание кадмия было в 4-й группе (табл. 43).

Таблица 43

Содержание кадмия в органах птицы, мг/кг

Группа	Печень	Сердце	Желудок
Контрольная	0,057	0,037	0,032
1-я	0,251	0,051	0,082
2-я	0,079	0,046	0,056
3-я	0,062	0,056	0,051
4-я	0,039	0,029	0,026
5-я	0,093	0,049	0,082

Примечание. Контрольная – основной рацион (ОР); 1-я – ОР+ 4 МДУ ТМ + 1,5 МДУ тиосульфата натрия; 2-я – ОР + 4 МДУ ТМ + 2 МДУ метионина + 1,5 МДУ тиосульфата натрия; 3-я – ОР + 4 МДУ ТМ + 2 МДУ тиосульфата натрия; 4-я – ОР+ 2 МДУ тиосульфата натрия; 5-я – ОР + 4 МДУ ТМ + 2 МДУ тиосульфата натрия.

Вопрос о влиянии **витаминов** на аккумуляцию тяжелых металлов в организме птицы недостаточно изучен. Данные разрозненны, нет единой системы, которая позволила бы понять механизмы взаимодействия витаминов и тяжелых металлов.

Нами были проведены опыты по определению влияния повышенных доз **витамина D₃** на аккумуляцию тяжелых металлов. В качестве модели нами выбраны два элемента – кадмий и свинец, так как загрязнение этими элементами происходит одновременно, а источники попадания этих элементов в окружающую среду практически одни и те же. Кроме того, пути проникновения в организм у свинца и кадмия идентичны (воздух, питьевая вода, почва, пища), а витамин D₃ имеет различные механизмы влияния на усвоение этих элементов.

Опыты проводились на цыплятах-бройлерах кросса ISA. Было сформировано 6 групп птицы в суточном возрасте. Контрольная группа получала основной рацион (ОР) с содержанием витамина D₃ 3000 МЕ/кг корма, что соответствует рекомендациям для данного кросса, цыплята второй контрольной группы получали рацион, содержащий 5000 МЕ витамина D₃ на 1 кг корма, 1-я опытная получала 1,5 МДУ свинца (7,5 мг/кг корма) на фоне основного рациона, 2-я опытная – 1,5 МДУ свинца на фоне рациона, содержащего 5000 МЕ/кг корма витамина D₃; 3-я опытная – 1,5 МДУ (0,6 мг/кг корма) кадмия на фоне основного рациона, 4-я опытная – 1,5 МДУ кадмия на фоне рациона, содержащего 5000 МЕ/кг корма витамина D₃.

В результате исследований было установлено, что в грудных мышцах цыплят контрольной группы не содержатся свинец и кадмий (табл. 44). В мышцах цыплят второй контрольной группы обнаружено незначительное со-

держание свинца и кадмия – $0,110 \pm 0,044$ и $0,080 \pm 0,011$ мг/кг соответственно.

Таблица 44

Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Группа	Свинец	Кадмий	Свинец	Кадмий
Контрольная	-	-	$2,729 \pm 0,406$	$5,083 \pm 0,329$
Контрольная (2-я)	$0,11 \pm 0,044$	$0,08 \pm 0,011$	$0,51 \pm 0,086$	$5,78 \pm 0,566$
1-я	$0,528 \pm 0,94$	-	$1,109 \pm 0,104$	$5,521 \pm 0,297$
2-я	$1,49 \pm 0,309^*$	$0,078 \pm 0,32$	$0,506 \pm 0,86^*$	$5,776 \pm 0,566$
3-я	$0,156 \pm 0,547$	$0,65 \pm 0,0$	$1,213 \pm 0,23$	$6,0 \pm 0,222$
4-я	$0,4105 \pm 0,132$	$0,198 \pm 0,65$	$1,653 \pm 0,197^*$	$5,02 \pm 0,336$

* $P > 0,95$.

В мышцах цыплят 1-й опытной группы содержится $0,528$ мг свинца на 1 кг сухого вещества. Во 2-й опытной группе этот показатель выше в $2,82$ раза, что говорит о том, что чрезмерное увеличение содержания в рационе витамина D_3 может привести к аккумуляции в организме птицы таких количеств свинца, которые в несколько раз превышают допустимые уровни содержания этого элемента в данном виде продукции ($0,5$ мг/кг для мяса птицы).

В группе, получавшей $1,5$ МДУ кадмия, содержание этого элемента в мышцах составило $0,65$ мг/кг сухого вещества, применение же рациона с повышенным содержанием витамина D_3 способствовало снижению этого показателя на $69,5\%$.

Кадмий оказывает выраженное действие на обмен ряда микроэлементов. Известно, что при избытке кадмия происходит обеднение организма медью. В ходе опыта было установлено, что в мышцах цыплят 3-й опытной группы, получавших $1,5$ МДУ кадмия, содержание меди было ниже, чем в контрольной, на $55,5\%$. В 4-й опытной группе этот показатель был на $36,2\%$ выше, чем в 3-й, но

на 39,4% ниже, чем в контрольной. Следовательно, можно предположить, что витамин D₃ способствует снижению содержания кадмия в мышцах и нормализует количество меди в тканях на фоне кадмиевой интоксикации.

В ножных мышцах цыплят контрольной группы также не было обнаружено тяжелых металлов (табл. 45). В мышцах цыплят 2-й опытной группы содержание свинца было значительно выше, чем в 1-й, что может свидетельствовать о способности витамина увеличивать аккумуляцию свинца в организме.

Таблица 45

Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в ножных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Группа	Свинец	Кадмий	Свинец	Кадмий
Контрольная	-	-	1,67±0,311	18,87±1,970
Контрольная (2-я)	0,200±0,027	0,024±0,001	0,79±0,049	11,33±1,022
1-я	0,040±0,013	0,200±0,001	2,47±0,621	5,230±1,260
2-я	0,356±0,075	-	0,97±0,181	32,648±4,427
3-я	0,080±0,013	0,350±0,063	0,13±0,034	9,470±0,953
4-я	0,560±0,074	-	1,11±0,107	46,15±9,515

Таким образом, включение в рацион повышенной дозы витамина D₃ способствовало увеличению содержания свинца в грудных мышцах цыплят-бройлеров в 2,82 раза по сравнению с группой, получавшей обычную дозу витамина.

Скармливание рациона с повышенным содержанием витамина D₃ способствовало снижению содержания кадмия в мышцах птицы на 69,5 %.

Установлено влияние препаратов, относящихся к *биологически активным веществам*, «Поливедрим» (получен из дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*) и «Фагостим» (содержит пул поли- (А) -м РНК и белки цитокинового ряда) на токсическое действие кадмия и свинца при раздельной и совместной интоксикации ими [60].

Снижение содержания свинца в различных органах происходило, так же как и накопление, разными темпами и в разных количествах.

Сохранность цыплят была самой низкой в 5-й и 1-й опытных группах – 70 и 83 % соответственно, самой высокой – в группе, получавшей 1,5 МДУ свинца и «Фагостим» (0,1 мг/кг) – 95 %. Максимальное уменьшение концентрации свинца во всех органах и тканях установлено у птицы опытной группы, получавшей 1,5 МДУ свинца с введением «Поливедрима» (табл. 46). Тем не менее концентрация токсического элемента в костях и перо превышает экологические нормы безопасности. В перо содержание свинца снизилось в 2,3 раза, в мясе – в 2,9, в печени – в 4 раза.

Таблица 46

Распределение свинца по органам и тканям при использовании биологически активных добавок «Фагостим» и «Поливедрим», мг/кг

Группа	Печень	Мясо	Кости	Сердце	Желудок	Перо
Кон- трольная	0,150± 0,009	0,089± 0,008	0,208± 0,11	0,192± 0,011	0,099± 0,007	0,402± 0,012
1-я	0,813± 0,024**	1,047± 0,066***	1,324± 0,115***	0,461± 0,015***	0,283± 0,035***	1,376± 0,072***
2-я	0,411± 0,015***	0,476± 0,015***	1,058± 0,066***	0,270± 0,012***	0,112± 0,007	1,219± 0,044***
3-я	0,969± 0,042***	1,008± 0,045***	1,079± 0,047***	0,323± 0,011***	0,187± 0,010***	1,422± 0,053***
4-я	0,396± 0,012***	0,446± 0,015***	0,901± 0,030***	0,267± 0,011***	0,108± 0,007	0,922± 0,075***
5-я	1,698± 0,141***	1,357± 0,100***	2,233± 0,165***	0,512± 0,065***	0,401± 0,012***	2,124± 0,112***

* P>0,95; ** P>0,99; *** P>0,999

Примечание. Контрольная – основной рацион (ОР); 1-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 0,1 мг/кг «Фагостима» + 1,5 МДУ Cd; 2-я – ОР + 1,5 МДУ Pb + 0,2 мг/кг «Поливедрима» + 1,5МДУ Cd; 3-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 0,1 мг/кг «Фагостима»; 4-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 0,1 мг/кг «Поливедрима»; 5-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 1,5 МДУ Cd.

Несколько меньшее снижение содержания свинца наблюдалось во 2-й опытной группе, потреблявшей 1,5 МДУ свинца и кадмия, а также «Поливедрим». В пере концентрация свинца составила 1,219 мг/кг (уменьшение в 1,7 раза), в костях – 1,058 (уменьшение в 2,1 раза). Сохраняется высокое содержание этого элемента в мясе, печени и мышцах сердца (уменьшение составило 2,7; 3,9 и 1,8 раза соответственно).

Меньшие темпы снижения содержания свинца в органах и тканях птицы обнаружены в группах, получавших «Фагостим» и подвергавшихся интоксикации тяжелыми металлами. По всей видимости, при одновременной интоксикации свинцом и кадмием высвобожденных препаратом отрицательных $-SH^-$ групп недостаточно для уменьшения биологической доступности свинца. Однако в мышечной ткани и субпродуктах остаточное содержание свинца выше экологических норм и достоверно отличается от контроля ($P < 0,001$).

На содержание кадмия в организме птицы все препараты оказывали положительно действие (табл. 47). В мясе, костях и тканях желудка кадмия было меньше, чем в контроле.

В мясе птицы 4-й опытной группы концентрация металла снизилась в 1,23 раза, в костях – в 1,6, в мышцах желудка – в 1,95 раза. Более чем в 1,5 раза уменьшилось количество аккумулированного кадмия в сердечной мышце (0,0096 мг/кг). Только в пере птицы содержание металла превысило контроль в 0,7 раза (0,10 мг/кг).

При этом содержание кадмия в органах и тканях цыплят-бройлеров превышает экологические нормы, что не позволяет причислить их к группе экологически безопасной продукции, так как в печени сохраняется много металла: в 1-й опытной группе снижение в 1,4 раза,

**Уровень кадмия в органах и тканях при использовании
препаратов «Поливедрим» и «Фагостим», мг/кг (10^{-2})**

Группа	Печень	Мясо	Кости	Сердце	Желудок	Перо
Контроль- ная	3,100± 0,020	0,520± 0,003	1,600± 0,010	1,400± 0,008	0,400± 0,004	0,700± 0,010
1-я	13,000± 0,080***	0,300± 0,010***	3,400± 0,020***	4,500± 0,010***	0,600± 0,003**	5,000± 0,020**
2-я	10,700± 0,090***	0,720± 0,004*	2,800± 0,010***	2,300± 0,010***	0,440± 0,003	1,500± 0,010***
3-я	4,200± 0,100	0,500± 0,004	1,200± 0,010**	1,200± 0,010*	0,330± 0,003	1,500± 0,020***
4-я	2,500± 0,050	0,420± 0,003*	1,000± 0,010***	0,960± 0,010***	0,200± 0,003***	1,000± 0,001*
5-я	19,100± 0,180***	0,400± 0,010***	4,500± 0,040***	7,100± 0,060***	0,700± 0,006***	6,700± 0,050***

* P>0,95; ** P>0,99; *** P>0,999.

Примечание. Контрольная – основной рацион (ОР); 1-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 0,1 мг/кг «Фагостима» + 1,5 МДУ Cd; 2-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 0,2 мг/кг «Поливедрима» + 1,5 МДУ Cd; 3-я – ОР + 1,5МДУ Pb + 0,1 мг/кг «Фагостима»; 4-я – ОР + 1,5 МДУ Pb + 0,1 мг/кг «Поливедрима»; 5-я- ОР + 1,5 МДУ Pb + 1,5МДУ Cd.

во 2-й – в 1,7 раза. У птицы 2-й группы в перо кадмия накапливалось в 3,3 раза меньше, чем в 5-й опытной ($P<0,001$), в 3-й – 1,7, в 1-й – всего в 1,3 раза. Все полученные данные отличались от контроля различной степенью достоверности.

В сердечной мышце содержание кадмия уменьшилось в 2,5 раза во 2-й группе, в 2 раза – в 3-й и в 1,5 раза в 1-й. В костях и мышцах желудка уменьшение концентрации кадмия происходило в той же очередности. В 1-й группе при введении «Фагостима» и интоксикации свинцом и кадмием содержание металла в органах наибольшее (0,0055 мг/кг в желудке и 0,034 в костях) и достоверно отличается от контроля.

Наиболее эффективно концентрацию токсичных элементов (свинца и кадмия) в организме цыплят-бройлеров

снижает препарат «Поливедрим». При хронической интоксикации солями свинца и кадмия менее эффективным оказался «Фагостим».

Технологические аспекты детоксикации тяжёлых металлов в подсистеме «животное (сырьё животного происхождения) – продукт питания». Экспериментально установлено, что в процессе варки мяса происходит существенное снижение содержания тяжёлых металлов (табл. 48).

Таблица 48

**Содержание тяжёлых металлов в бедренных мышцах
(красное мясо), мг/кг**

Группа	До термо- обработки	Время термообработки		
		50 мин	60 мин	70 мин
1-я, Cd (контроль)	0,220±0,006	0,192±0,002**	0,178±0,003**	0,165±0,004**
2-я, Cd (опыт)	0,730±0,012	0,647±0,002**	0,594±0,002***	0,545±0,006***
1-я, Cu (контроль)	0,203±0,004	0,173±0,002**	0,157±0,003***	0,147±0,005***
3-я, Cu (опыт)	0,731±0,004	0,615±0,002***	0,573±0,002***	0,524±0,005***
1-я, Zn (контроль)	7,837±0,472	6,853±0,002	6,124±0,002*	5,507±0,003**
4-я, Zn (опыт)	12,413±0,301	10,754±0,002**	9,376±0,002***	8,453±0,005***
1-я, Pb (контроль)	0,045±0,001	0,041±0,002	0,039±0,002	0,037±0,006
5-я, Pb (опыт)	0,190±0,003	0,174±0,002*	0,168±0,003**	0,155±0,009*

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

В красном мясе (бедренные мышцы) максимальное снижение концентрации токсичных элементов отмечено в группах, которым скармливали соли меди – на 28,3 и цинка – на 31,9%. Снижение концентрации ТМ в мясе в группах птицы, получавших соли кадмия, – 25, свинца – 18% [51].

Большое снижение концентрации тяжелых металлов имело место при варке белого мяса (грудные мышцы) (табл. 49). Так, снижение содержания меди составило 29,4%, цинка – 36,8, кадмия – 29,4 и свинца – 19,5 %. Как в красном, так и в белом мясе наблюдается меньшее снижение кадмия и свинца по сравнению с медью и цинком. В целом большее снижение уровня содержания тяжёлых металлов произошло в белых мышцах.

Таблица 49

Содержание тяжёлых металлов в грудных мышцах (белое мясо), мг/кг

Группа	Содержание тяжёлых металлов до термообработки	Время термообработки		
		50 мин	60 мин	70 мин
1-я, Cd (контроль)	0,166±0,003	0,12±0,006**	0,118±0,004***	0,117±0,005***
2-я, Cd (опыт)	0,320±0,009	0,248±0,06**	0,236±0,006***	0,226±0,008**
1-я, Cu (контроль)	0,04±0,002	0,032±0,004	0,029±0,005	0,028±0,006
3-я, Cu (опыт)	0,193±0,004	0,150±0,002***	0,140±0,006**	0,134±0,006**
1-я, Zn (контроль)	3,799±0,068	2,936±0,003***	2,547±0,006***	2,40±0,008***
4-я, Zn (опыт)	6,135±0,051	4,653±0,004***	4,230±0,006***	3,875±0,004***
1-я, Pb (контроль)	0,073±0,003	0,067±0,005	0,064±0,007	0,059±0,007
5-я, Pb (опыт)	0,209±0,003	0,190±0,003*	0,180±0,006*	0,169±0,007**

* P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01; *** P ≤ 0,001.

Приведенные выше данные о влиянии термической обработки на содержание ТМ в пищевых продуктах дают основание полагать, что при корректировке технологии (температура, время обработки) появляется возможность управления качеством продуктов питания. Это

открывает путь к получению экологически безопасных продуктов питания, соответствующих санитарно-гигиеническим нормам.

Для нейтрализации воздействия загрязняющих веществ на организм человека разрабатываются продукты питания с заданными профилактическими свойствами.

При разработке рецептуры лечебного питания большое значение приобретают пищевые добавки, выводящие ТМ (тяжёлые металлы) из организма человека.

Альгинаты, пектины и каррагинаны относятся к гидроколлоидам растительного происхождения, способным выводить ТМ из организма, и на сегодня активно применяются в мясной индустрии.

По методике В.А. Компанцева (1990) была изучена комплексообразующая способность (КС) альгината, каррагинана и пектинов по отношению к ионам кадмия и свинца. Опыт проводили по следующей схеме: контроль – 1-й вариант, 2-й – с цитрусовым пектином, 3-й – со свекловичным пектином, 4-й – с каррагинаном, 5-й – с альгинатом.

Комплексообразование характеризуется количеством миллиграммов кадмия, связанного 1 г полисахарида. Показатель КС определяли как разницу между массой металла (мг) в контроле и анализируемых образцах к массе добавки (г).

В ходе эксперимента получили данные о том, что наибольшей КС по отношению к ионам кадмия обладает каррагинан (22,57 мг/г). Далее по уменьшению следуют свекловичный (13,12 мг/г) и цитрусовый (10,32 мг/г) пектины и альгинат (3,56 мг/г). Между собой опытные варианты различались следующим образом. КС каррагинана была выше цитрусового пектина в 1,7 раза, свекловично-

го – в 2,2 и в 6,3 раза – альгината (везде $P \leq 0,001$). Варианты с цитрусовым и свекловичным пектинами в 1,3 и 1,6 раза превосходили альгинат ($P \leq 0,01$). Между пектинами не обнаружено достоверной разницы. По-видимому, эти пектины в отношении кадмия проявляют одинаковую химическую активность.

По отношению к *ионам свинца* полисахариды действовали так. Самой высокой КС обладал каррагинан (36,41 мг/г), затем свекловичный (30,87 мг/г) и цитрусовый пектины (24,92 мг/г), и наименьшей – альгинат (18,74 мг/г). Между опытными группами обнаружались следующие различия. По отношению к тяжелому металлу КС каррагинана была выше в 1,2 раза, чем свекловичного, в 1,5 раза, чем цитрусового, и в 1,9 раза, чем альгината ($P \leq 0,01-0,001$). Пектины отличались друг от друга в 1,2 раза ($P \leq 0,1$). Альгинат меньше в 1,3–1,7 раза ($P \leq 0,1-0,01$) связывал тяжелый металл, чем пектины.

Различия между действием полисахаридов можно объяснить их разной химической природой.

Таким образом, наряду с улучшением органолептических, структурно-механических показателей готовых продуктов гидроколлоиды обладают дополнительными профилактическими свойствами. Создание изделий с лечебно-профилактическими свойствами обеспечивает позитивное влияние на здоровье человека.

Была разработана рецептура модельного фарша на основе мяса цыплят-бройлеров с добавлением пищевых добавок из природных полисахаридов.

В исходных модельных фаршах с пищевыми добавками и ТМ (2–5-я группа) содержание ТМ в мясе и соответственно в фарше достоверно отличалось от этого показателя в фарше-контроле.

11. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОПРОДУКТОВ

Основоположником науки биогеохимии академиком В. И. Вернадским было установлено, что почва, растения и организм животного являются неразрывно связанными звеньями одной миграционной цепи, в процессе которой через растения и животные организмы проходит значительная часть известных химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева. В настоящее время учеными в организме животных найдено более 70 элементов. В количественном отношении содержание химических элементов существенно различается. Более 50 % массы тела животного приходится на кислород, более 20 – на углерод и около 10 % на водород. Доля зольных элементов составляет 4–6 % и зависит от вида, породы, возраста и уровня питания животного.

Минеральные элементы являются структурным материалом, который входит в состав всех клеток и тканей тела животного. Максимальное содержание минеральных элементов находится в скелете (до 80–83 %).

Элементы, содержащиеся в теле животных в целых, десятых и сотых долях процента, называются макроэлементами. К ним относятся калий, натрий, кальций, магний, фосфор, сера, хлор. В организме макроэлементы обладают способностью переходить из связанного с органическими веществами состояния в неорганические, ионизированные и вновь в комплексные соединения. Значительная часть макроэлементов находится в свободном состоянии и является электролитами. По концентрации водородных ионов макроэлементы делятся на щелочные и кислотные (щелочные – калий, натрий, кальций, магний; кислотные – фосфор, сера, хлор). Принято классифицировать все минеральные вещества по количественным признакам и по биологической ценности.

Минеральные элементы, содержание которых в теле животных менее 10^{-3} и меньше, называют микроэлементами (Fe, Br, Cd, Zn, F, Sr, Mo, Cu, Si, Cs, J, Mn, Al, B, Rb, Pb, K, Na), Ультрамикроэлементы (Se, Ti, Sc, Co, V, Cr, As, Ni, Li, Ba, Ag, Sn, Be, Ga, Ge, Hg, Zr, Bi, Sb, U, Th, Rh), содержатся в незначительных количествах.

Значительная часть микроэлементов относится к металлам, небольшое количество – к металлоидам: селен, йод, бром, фтор, мышьяк. Эти элементы образуют окислы, обладающие кислыми свойствами.

В. И. Георгиевский делит все минеральные элементы на три группы по биологическим признакам:

- жизненно необходимые (эссенциальные): Ca, P, K, S, Cl, Mg, Na, Zn, Mn, Mo, I, Se, Fe, Cu, Co;

- вероятно необходимые (условно-эссенциальные): F, Si, Ti, V, Cr, Ni, As, Br, Sr, Cd;

- элементы с малоизученной ролью: Li, B, Al, Ge, Zr, Sn, Ce, Hg, V, Be, Rb, Ag, Sb, Ba, Pb, Ra, U.

Минеральные элементы в организме животных выполняют разнообразные функции. Некоторая часть элементов находится в растворенном состоянии в виде ионов, играющих важную роль в биологических процессах. Они обуславливают определенный уровень осмотического давления, обеспечивают поддержание равновесия клеточных мембран, принимают участие в механизмах диффузии, секреции и экскреции, процессах нервно-мышечной возбудимости, оказывают большое влияние на состояние коллоидов тканей, гидратации и растворимости белковых веществ. Бикарбонаты и фосфаты калия и натрия входят в состав буферных систем [93].

Некоторые минеральные элементы находятся в организме в виде прочных нерастворимых соединений, входят в состав костной ткани, роговых образований и перьев у птицы.

Кроме того, определенное количество минеральных элементов входит в состав сложных органических соединений, играющих важную роль в энергетических процессах, кровообразовании, дыхании. Значительная часть ферментов, находящихся в организме, являются металло-энзимами.

Каждый элемент выполняет одну или несколько функций, их дефицит в рационе вызывает проявление определенных симптомов недостаточности. Но и высокое содержание некоторых минеральных элементов отрицательно сказывается на здоровье и продуктивности животных. Существует сложное взаимодействие между минеральными веществами. Например, избыточное поступление кальция и молибдена может мешать усвоению других элементов. Взаимное влияние (синергизм или антагонизм) может происходить в корме, пищеварительном тракте, а также на уровне тканевого или клеточного метаболизма.

Минеральный состав кормов зависит от ряда факторов, почвенно-климатических условий, фазы вегетации, количества вносимых удобрений и т.д. Минеральные вещества, поступающие в организм с кормами, усваиваются животными по-разному. На их конверсию влияют: уровень энергии в рационе, содержание протеина, клетчатки, наличие в рационе биологически активных веществ, таких как витамины, антиоксиданты, ферментные добавки.

Микроэлементы и макроэлементы – это компоненты системы, участвующей в регулировании жизненных функций организма на всех стадиях развития.

Известны три основополагающих принципа ее функционирования:

- избирательное поглощение микроэлементов;

– избирательная концентрация их в определенных организмах, органах, тканях и некоторых органеллах клетки;

– селективное выделение.

Данные механизмы поддерживают микроэлементный гомеостаз.

Кальций. Из всех минеральных веществ кальция больше всего содержится в организме. Около 99% этого элемента находится в скелете, от массы тела на кальций приходится 1,2–1,8%. Данные колебания обусловлены видом, породой, возрастом животных и другими факторами. Основная масса кальция в организме содержится в виде ионов фосфорно-кислых солей. Ионизированный кальций – это физиологически активная форма, принимающая участие в обмене веществ. Ионы кальция оказывают положительное воздействие на деятельность нервной системы, снижают ее возбудимость, влияют на сердечную деятельность, играют важную роль в процессах свертывания крови. Кроме того, кальций активизирует ферменты, участвует в регуляции кислотно-щелочного равновесия и осмотического давления. Абсорбция кальция происходит в пищеварительном тракте. Так, под влиянием соляной кислоты желудочного сока его соединения образуют хлориды, которые легко превращаются в ионы и легко всасываются в кишечнике. При нормальной обеспеченности животных кальцием и витамином D содержание его в сыворотке крови должно быть в пределах 8–12 мг%.

При недостаточной обеспеченности кальцием у животных нарушается обмен веществ, возникают такие заболевания, как рахит, остеомалация, при которых нарушается окостенение хрящевых тканей, искривляются конечности, животные хромают, скованны в движении,

кости размягчаются и легко ломаются. Особенно чувствительны к дефициту кальция высокопродуктивные животные. Имеются случаи, когда коровы-рекордистки погибали от перелома конечностей.

У сельскохозяйственной птицы при кальциевой недостаточности скорлупа яиц становится тонкой, увеличивается бой и насечка яиц, снижается интенсивность роста молодняка и продуктивность взрослой птицы.

Как недостаток, так и избыток кальция оказывает отрицательное влияние на обменные процессы и продуктивность животных. Высокое содержание кальция в рационе животных способствует снижению усвояемости фосфора, марганца и других элементов. Могут возникнуть признаки недостаточности этих элементов.

Кальций взаимодействует с другими компонентами рациона. Учеными установлено, что высокий уровень протеина благоприятно влияет на абсорбцию кальция, способствует увеличению прироста живой массы. Низкое содержание белка, наоборот, тормозит усвоение кальция. Кальций плохо усваивается из рационов, богатых клетчаткой. Доказано, что увеличение уровня энергии в корме вызывает необходимость повышения кальция. Положительное влияние на усвоение кальция оказывают витамины D, C и др. В рационы моногастричных животных иногда вводят антибиотики, которые повышают всасывание кальция. Повышение уровня кальция снижает всасывание антибиотиков. Избыток фосфора приводит к образованию нерастворимого фосфата кальция и более высокому выделению его с экскрементами. Отрицательное влияние на усвояемость кальция оказывает фитиновая кислота, способствующая образованию фитата кальция. Антагонистом кальция является магний. К микроэлементам, зависящим от уровня кальция, отно-

сятся цинк и марганец. Признаки недостаточности этих элементов проявляются при избытке кальция в рационе животных.

Фосфор. В костяке содержится около 80 % фосфора, остальное его количество находится в составе нуклеиновых кислот, фосфопротеинах, фосфолипидах. Этот элемент играет очень большую роль в энергетическом и углеводном обмене. Общее содержание его в теле животных находится на уровне 0,7–0,85 %.

Фосфор входит в состав фосфорной кислоты нуклеотидов, включается в структуру ДНК и РНК, цитоплазмы и ядер, образует фосфоаминолипиды, которые играют важную роль в транспорте жирных кислот. Этот элемент участвует в процессах катаболизма и анаболизма, входит в состав многих коэнзимов: ацетилирования, переаминирования, карбоксилирования. Фосфор входит в состав соединений АТФ, креатинфосфата, гексофосфата, которые являются универсальными аккумуляторами энергии. Фосфаты образуют в крови буферную систему, которая принимает участие в регуляции кислотно-щелочного равновесия.

Абсорбция фосфора начинается с растворения первичных фосфатов неорганического и органического происхождения в воде. В желудке под действием соляной кислоты происходит расщепление сложных фосфорных соединений. Однако основное расщепление происходит в тонком отделе кишечника. Растворимые соединения этого элемента легко всасываются и уже в эпителии ворсинок принимают участие в процессах фосфорилирования, но наиболее активно эти процессы протекают в печени. Избыток в рационе ионов кальция, магния и алюминия способствует образованию в кишечнике нерастворимых и неусвояемых фосфатов. Выводится фос-

фор из организма с продукцией, калом и мочой. Повышенное выделение фосфора с мочой наблюдается при заболевании животного ацидозом. Снижение выведения фосфора с мочой отмечается при гиперпаратиреозе, тяжелой почечной недостаточности.

Обмен фосфора в организме животных тесно связан с обменом кальция. При недостатке фосфора наблюдаются такие же признаки заболевания рахитом, остеомалацией. При этом животные жуют несъедобные предметы: древесину, тряпки и т. д.

Взаимоотношение фосфора с другими питательными и биологически активными веществами обуславливает определенный уровень обмена веществ. Так, уровень протеина (как высокий, так и низкий) в рационе ухудшает усвоение этого элемента. Включение в рацион жиров и витамина D способствует улучшению конверсии фосфора. Имеются сведения, что антибиотики не способствуют повышению усвояемости кальция из корма. Ухудшают абсорбцию этого элемента барий, бериллий, железо, алюминий. Положительное воздействие оказывают медь, марганец, кобальт.

Калий. Ион калия – главный катион внутриклеточной среды. Из общего количества калия, содержащегося в теле животного, 98 % находится внутри клеток и только около 2 % во внеклеточной жидкости. Концентрация калия в клетках тканей неодинакова и зависит от возраста, вида животных. Основное депо калия – мышечная ткань, в которой сосредоточено более 65 %. В костной ткани содержится небольшое количество этого элемента (0,35 %).

Калий выполняет важную функцию: поддерживает возбудимость клеток нервных и мышечных. Ионы калия необходимы для синтеза и распада фосфорных соединений, богатых энергией, участвуют в процессах фосфори-

лирования. Этот элемент играет важную роль в обмене белков, углеводов, в регуляции осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия, мышечного тонуса, помогает поддерживать рН содержимого рубца на оптимальном уровне.

При недостатке калия в рационах у птицы наблюдаются повышенная возбудимость и расстройство сердечной деятельности. Возникают такие заболевания, как аритмия, низкое кровяное давление, ухудшается работа почек, печени и снижается воспроизводительная способность. Избыток калия в рационе приводит к снижению концентрации натрия в плазме крови. Это свидетельствует о том, что калий поддерживает в организме общий катионный баланс.

Калий поступает в организм птицы с кормами растительного происхождения. Особенно богаты калием молодые растения. Поэтому с практических позиций дефицит этого элемента в рационах может наблюдаться очень редко.

Ионы калия активно взаимодействуют со многими компонентами рациона: протеином, углеводами, макро- и микроэлементами, витаминами и антибиотиками.

Натрий. Этот элемент широко распространен в литосфере и биосфере. В организме животных его содержится около 0,3 %. Натрий является главным катионом внеклеточной жидкости. Незначительная его часть удерживается внутри клеток. Около 40 % натрия находится в костях, в плазме крови концентрация этого элемента стабильно поддерживается на определенном уровне – 134–150 ммоль/л. Велика роль натрия в поддержании осмотического давления. В сыворотке крови и внеклеточной жидкости его содержание составляет около 93 % всех оснований.

Натрий является важным компонентом буферных систем, поддерживающих кислотно-щелочное равновесие в организме птицы, оказывает сильное влияние на способность белковых коллоидов к набуханию, совместно с ионами калия поддерживает нормальную сократимость мускулатуры сердца, увеличивает проницаемость клеточных мембран, нервно-мышечную возбудимость.

При дефиците натрия в рационах птицы задерживается рост, снижается синтез белка и жира в тканях, ухудшается использование корма, возникает заболевание каннибализм. Излишки натрия в кормах вызывают вялость, снижение продуктивности, сильную жажду, понос, рвоту. При вскрытии наблюдаются геморрагии, увеличение почек, энтерит, отечность тканей и нефриты.

Натрий легко всасывается через стенку пищеварительного тракта. Выводится из организма с мочой (90 %), с продукцией. Из почек выводится натрий в виде хлорида или фосфорно-кислого натрия. Этот элемент оказывает влияние на усвоение и обмен других питательных веществ. Некоторые авторы утверждают, что доведение в рационах птицы натрия до нормы способствует улучшению усвоения азота корма. Увеличение фосфора в рационе повышает потребность в натрии, а увеличение уровня натрия повышает потребность в цинке.

Магний. После калия магний является самым важным катионом внутриклеточной жидкости. Около 62 % этого элемента находится в костной ткани.

Кроме того, магний содержится в плазме, форменных элементах крови. В растениях он входит в состав органических соединений, таких как хлорофилл, фитин и т.д. В организме птицы магний находится в виде солей фосфорной, соляной кислот и в белковых соединениях. Этот

элемент выполняет важные функции в обмене веществ: усиливает активность фермента аденозинтрифосфатазы, выполняющего перенос энергии, входит в состав коферментов в цикле Кребса, участвует в декарбоксилировании, обмене нуклеиновых кислот, обуславливает эластичность мышечных волокон, активизирует расщепление макроэнергетических связей АТФ, что способствует высвобождению энергии для сокращения мышц. У птицы магний играет большую роль как катализатор ферментов, которые повышают обменные процессы. Оказывает воздействие магний и на центральную нервную систему. Повышение концентрации этого элемента в крови может вызвать торможение функции коры головного мозга. Магний снижает свертываемость крови, предупреждает возникновение тромбов.

Как избыток, так и недостаток магния в рационах животных оказывает отрицательное влияние на обменные процессы, продуктивность и жизнеспособность. У животных наблюдается повышенная раздражимость нервной системы и судороги, истощаются запасы этого элемента в костях, снижается содержание его в сыроворотке крови, в результате чего животные заболевают тетанией. Это происходит обычно весной, когда животные поедают в большом количестве молодые сочные травы без подкормки концентрированными кормами и добавок окиси магния.

Сера. Этот элемент относится к группе кислотных. Сера участвует в регуляции кислотно-щелочного равновесия, входит в состав аминокислот метионина и цистина, витаминов биотина и тиамина, а также гормона инсулина. При недостатке серы снижается синтез белка и прирост живой массы молодняка, ухудшается качество продукции. Для восполнения недостающего количества

серы в рационы вводят корма, богатые серой (рыбная, мясокостная мука, жмыхи, шроты).

Хлор. Хлор является главным элементом внеклеточной жидкости. Концентрация хлора составляет 27–38 мг/кг живой массы тела. Около 20 % хлора содержится в костях, большая часть – во внеклеточных жидкостях и 15–17 % находится внутри клеток. Этот элемент находится в клетках мезенхимного происхождения (лейкоцитах, эритроцитах), соединительной ткани, подкожной клетчатке, мышцах, печени. Усваивается хлор в дистальной части тонкого отдела кишечника и толстой кишке. Из организма выводится с продукцией, мочой, калом и потом. Хлор участвует в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия, входит в состав желудочного сока, активирует некоторые ферментные системы. При недостатке хлора в рационе птицы наблюдается торможение роста, высокая смертность, нервные расстройства. Для балансирования рационов по содержанию хлора используют поваренную соль.

К микроэлементам относится большая группа изученных веществ. Эти элементы присутствуют в организме в малых количествах, но каждый из них играет важную роль в организме птицы. Отсутствие какого-либо микроэлемента отрицательно влияет на обмен веществ, продуктивные показатели, воспроизводительную функцию и их жизнеспособность. Наиболее изучены следующие микроэлементы: железо, медь, цинк, марганец, кобальт, йод.

Железо. Концентрация железа в организме птицы составляет от 0,004 до 0,005 % их живой массы. Этот элемент имеет важное значение в организме. Более 50 % железа находится в гемоглобине крови, около 20 % – в виде белкового соединения ферритина. Содержится железо

в печени, селезенке, почках, костном мозгу. Кроме того, этот элемент входит в состав металлоорганических соединений, необходимых при окислительных процессах, а также белка сидерфилина, выполняющего транспортную функцию железа. Ферритин принимает участие в регуляции периферического кровяного давления. Железо входит в состав ферментов феррофлавопротеинов (сукциндегидрогеназы, цитохромоксидазы) и др.

При недостатке железа, необходимого для синтеза гемоглобина, в организме возникает гипохромная анемия. Особенно чувствительны к дефициту железа молодняк. В пищеварительном тракте комплексные соединения железа под воздействием пепсина и соляной кислоты расщепляются до двухвалентной формы, которые ионизируются, абсорбируются. Положительное влияние на усвоение железа оказывают витамины: аскорбиновая кислота и токоферол, антиоксиданты, аминокислоты. Тормозят всасывание органические кислоты, фосфаты, соединения цинка, кадмия и меди.

Медь. Медь выполняет важную роль в обмене веществ. В теле птицы этого элемента содержится 1,5–2,0 мг/кг живой массы. Медь катализирует включение железа в структуру гема и является активатором синтеза гемоглобина. При дефиците меди эритропоэз доходит только до стадии ретокулоцитов, т. е. полного созревания эритроцитов не происходит. Кроме того, медь участвует в остеогенезе, формировании миелина, синтезе белков и ферментов тирозиназы, цитохромоксидазы и уратоксидазы, повышает воспроизводительную функцию. Меди отводится особая роль в процессах пигментации перьевого покрова. Пигментированный покров содержит больше меди, чем без пигмента. Медь обладает свойством повышать резистентность организ-

ма к инфекционным заболеваниям. Учеными установлено положительное воздействие этого элемента на повышение содержания витаминов группы В и витамина С в печени.

При недостатке меди нарушается нормальная деятельность многих систем и органов птицы. Наиболее характерными признаками являются анемия, нарушение кератинизации и пигментации шерсти, дегенеративные изменения в нервных тканях, понижение воспроизводительной функции, отставание в развитии, задержка роста. При дефиците меди наблюдаются различные заболевания. При недостатка этого элемента возникает энзоотическая атаксия, сопровождающаяся дегенеративными изменениями функции центральной нервной системы.

Повышение уровня белка в рационе снижает отложение меди в организме, а высокий уровень кальция тормозит ее абсорбцию.

Марганец. В теле птицы марганца содержится 0,45–0,55 мг/кг живой массы. Он находится во всех тканях, выполняет многочисленные биохимические функции: принимает активное участие в окислительно-восстановительных реакциях, тканевом дыхании, входит в состав некоторых ферментов (оксалаккарбоксилаза, пируваткарбоксилаза), активирует фермент аргиназу, участвует в процессах остеогенеза, эритропоэза. Если птица систематически недополучает марганца с кормом, у нее резко уменьшается содержание мукополисахаридов и их предшественников гексозаминов. Задерживается половое созревание, нарушается регулярность овуляции, у самцов наблюдается дегенерация половых органов, потомство бывает слабым, иногда мертвым. Особенно страдает от недостатка марганца молодняк сельскохозяйственной птицы. Птенцы вылупляются с недоразвитыми

укороченными конечностями, у них обнаруживают хондродистрофические изменения (у попугаев изменяется клюв). У взрослой птицы наблюдаются снижение яйценоскости, высокая хрупкость яичной скорлупы. Суточная потребность в марганце составляет 0,3 мг/кг живой массы. При значительном дефиците марганца подавляется активность щелочной фосфатазы и ее содержание в костях уменьшается. Нарушения остеогенеза аналогичны признакам при рахите. Поэтому иногда это заболевание называют марганцевым рахитом.

Абсорбция марганца происходит в тонком отделе кишечника и двенадцатиперстной кишке. Всосавшийся в кишечнике, этот элемент поступает в кровь, затем в органы и ткани.

Отложение происходит в следующем порядке: печень, поджелудочная железа, почки, костная ткань, волосяной покров. Главное депо марганца – печень.

Выделение марганца из организма происходит с продукцией, калом и в незначительном количестве с мочой.

На усвоение марганца оказывают влияние ряд факторов. Так, кальций и фосфор обладают свойством блокировать его абсорбцию. Аналогичную зависимость проявляют повышенные дозировки поваренной соли.

Цинк. Этот элемент принимает активное участие в образовании хлорофилла и ауксина, в синтезе аминокислот. В теле птицы цинка содержится от 30 до 45 мг/кг живой массы. Основная часть цинка сосредоточена в мышцах, скелете, печени. Его роль огромна: он влияет на обмен белков, углеводов, кроветворение, оказывает положительное воздействие на воспроизводительную функцию, рост и развитие животных. Этот элемент входит в состав около 70 ферментов. Цинк играет важную роль в минерализации костей, стимуляции воспроизводительной функции.

При недостатке цинка в рационах снижается аппетит, животные отстают в росте, повреждаются эпидермальные ткани. У самцов снижается спермопродукция, у самок нарушается механизм полового цикла. У птицы, кроме того, наблюдаются ненормальное оперение (нарушение пигментации, завитость пера, ломкость), заболевания конечностей, дерматиты, напряженное движение.

Поступивший с кормом в виде солей цинк расщепляется, образуются ионы, которые легко всасываются в кишечнике. Абсорбция его происходит в тонком отделе кишечника. Всосавшийся цинк поступает в кровь, затем в печень и ткани. Максимальная концентрация цинка отмечена в костяке, далее в желудке, сердце, почках, селезенке и печени.

Выделение цинка из организма происходит с продукцией, с калом и в незначительном количестве с мочой.

Высокие (токсические) дозы этого элемента оказывают отрицательное влияние на активность цитохромоксидазы и каталазы и даже могут вызвать гипохромную форму анемии. В случае токсикоза птице дают соли меди и железа, которые являются антагонистами цинка.

Кобальт. Кобальт является единственным микроэлементом, входящим в состав витаминов (цианокобаламина), он участвует в углеводном и белковом обмене, необходим для синтеза витамина В₁₂, оказывает положительное влияние на минеральный обмен, кроветворные процессы, тканевое дыхание.

Содержание кобальта в организме птицы составляет около 50–75 мкг/кг живой массы. При содержании кобальта в корме менее 0,07 мг/кг наблюдается заболевание акобальтоз. У птицы замедляется рост и развитие, появляются специфические признаки анемии, перьевой покров становится жестким, часто наблюдается выпадение

пера, нарушается воспроизводительная функция, снижается резистентность к заболеваниям, птица истощается и погибает.

Кобальт поступает с кормами и добавками в пищеварительный тракт, где превращается в ионную форму и легко всасывается через кишечную стенку. Данный элемент оказывает положительное воздействие на синтез белка. Абсорбцию цинка повышают витамины группы D и некоторые антибиотики. Кобальтовые добавки совместно с витаминами группы B способствуют накоплению в крови, печени и тканях меди, марганца и железа.

Йод. Биологическая роль йода изучена достаточно хорошо. Он относится к галогенам, имеет высокую активность и сильные окислительные свойства. Концентрация йода в теле птицы составляет 0,3–0,7 мг/кг живой массы. Данный элемент содержится во всех тканях и жидкостях, но основная его масса находится в щитовидной железе. Активная деятельность этой железы зависит от достаточного содержания йода, который входит в состав гормона тироксина. Дефицит йода обуславливает гипофункцию щитовидной железы, что приводит к нарушению обмена углеводов, белков и жиров. В организме накапливается вода, снижается содержание минеральных веществ в крови (кальция и фосфора), нарушается процесс фосфорилирования. Недостаток йода отрицательно влияет на продуктивные показатели, воспроизводительную функцию [97].

Поступает элемент с кормами, водой и специальными йодистыми добавками. В пищеварительном тракте соединения йода превращаются в ионную форму, всасываются, активно поглощаются щитовидной железой, после чего в составе ее гормонов возвращаются в кровь. Все

количество йода, поступившее в щитовидную железу, покидает ее только с гормонами.

Выводится йод из организма через почки в виде иодидов и с калом, состоящим из непереваренного йода корма и эндогенного. Выделяется элемент также и с продукцией (мясом, яйцами).

Существует мнение, что йод способствует лучшей переваримости и усвояемости белков корма, повышению отложения кальция и фосфора в костной ткани, фосфора в АТФ, в печени.

Селен. Биологическая роль селена в организме птицы установлена недавно. Он выполняет функцию катализатора в ферментных системах, некоторые ученые относят его к биологическим антиоксидантам. Кроме того, этот элемент и витамин Е участвуют в биосинтезе кофермента А [107].

Вследствие дефицита селена у птицы возникают различные заболевания: мышечная дистрофия, экссудативный диатез, энцефаломиелит. Наблюдается задержка роста, миокардиты, нарушается воспроизводительная функция. Следует также отметить, что отрицательно сказывается на обменных процессах как недостаток, так и избыток элемента.

Молибден. Выполняет важную роль в обмене веществ: является составной частью фермента ксантин-оксидазы, нитратной редуктазы и бактериальной гидрогеназы. В кормах практически не бывает дефицита этого элемента, чаще наблюдаются его излишки, которые отрицательно воздействуют на организм птицы: наблюдаются поносы, повышается ломкость костей, снижается интенсивность роста молодняка и продуктивность птицы. Ученые считают, что содержание молибдена в корме более 3–5 г/кг корма может вызвать токсические явления.

Содержание микро- и макроэлементов в корме в значительной степени влияет на их содержание в конечной продукции – яйцах и мясе птицы (табл. 50).

Таблица 50

Содержание макро- и микроэлементов в 100 г продукции, мг

Продукция	K	Ca	Mg	Na	P	Fe	I	Co	Mn	Cu	Mo	F	Zn	Se
Цыплята-бройлеры	300	10	25	100	210	165	–	–	–	–	–	–	–	–
Куры	194	16	27	110	228	3	–	–	–	–	–	–	–	–
Печень куриная	289	15	24	90	268	17	–	0,015	0,318	0,386	0,058	–	6,6	–
Яйца куриные	140	55	12	134	192	2,5	0,02	0,01	0,029	0,083	0,06	0,055	1,11	–

Тяжелые металлы. К тяжелым металлам относятся свыше 40 химических элементов таблицы Д. И. Менделеева с атомными массами, превышающими 50 атомных единиц. Строение электронных оболочек, для которых характерна незавершенность внешних орбиталей, объясняет переменную валентность этих элементов, а также их высокую реакционную способность, склонность к комплексообразованию, поляризации, что и обуславливает их высокую биологическую активность.

По токсичности, распространенности и способности накапливаться в пищевых цепях лишь немногим более 10 элементов признаны загрязнителями атмосферы. Среди них ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, медь, ванадий, олово, цинк, сурьма, молибден, кобальт и никель. Три элемента (ртуть, свинец и кадмий) считаются наиболее опасными и подлежат первоочередному контролю в кормах и продукции [118].

Кадмий. В природе в чистом виде не встречается, это сопутствующий продукт при рафинировании цинка и меди. Кадмий содержат также минеральные и органи-

ческие удобрения. Содержание кадмия в кормах и продуктах в относительно чистых регионах составляет: зерновые – 28–95 мкг/кг, картофель – 12–50, молоко – 2,4, творог – 6 мкг/кг. Установлено, что 80 % кадмия поступает в организм человека с пищей, 20 % – через легкие из атмосферы. Около 93 % этого элемента из организма выводится с калом и мочой. Остальная часть находится в органах и тканях в ионной форме или в комплексе с белками. В больших дозах кадмий проявляет сильные токсические свойства, оказывая отрицательное влияние на работу почек. Являясь антагонистом цинка, кобальта и селена, он ингибирует активность ферментов, содержащих эти металлы. Кадмий нарушает также обмен железа и кальция. Все это приводит к возникновению широкого спектра заболеваний: анемия, гипертоническая болезнь, снижение резистентности. Отмечены также канцерогенный, тератогенный и мутагенный эффекты.

Мышьяк. Природный мышьяк находится в виде соединений арсенидов и арсеносульфидов во всех объектах биосферы. Фоновый уровень мышьяка в продуктах питания 0,5–1,0 мкг/кг. По данным ФАО ВОЗ, суточное поступление мышьяка в организм взрослого человека составляет в среднем 0,05–0,42 мг, т.е. около 0,07 мкг/кг живой массы тела. Допустимая суточная доза 0,05 мкг/кг, что для взрослого человека составляет около 3 мг в сутки.

В зависимости от дозы мышьяк может вызвать острое и хроническое отравление. Механизм действия мышьяка связан с блокированием тиоловых групп ферментов, контролирующих тканевое дыхание, деление клеток. В организме этот элемент накапливается в эктодермальных тканях – волосах, коже, ногтях. Источником загрязнения являются пестициды, стерилизаторы почвы.

Ртуть. Один из самых опасных и высокотоксичных элементов, обладающий способностью накапливаться в организме животных и человека. Благодаря высокой растворимости и летучести ртуть и ее соединения широко распространены в природе. Так, из земной коры ее ежегодно испаряется от 25 до 125 тыс.т. Кроме того, ртуть широко используется в народном хозяйстве при производстве хлора и щелочей, в электрохимической промышленности, медицине и сельском хозяйстве.

Механизм токсического действия ртути связан с ее взаимодействием с сульфгидрильными группами белков. Блокируя их, ртуть инактивирует ряд жизненно важных ферментов, а также нарушает обмен многих соединений. Безопасный уровень содержания ртути в крови 50–100 мкг/л, волосах – 30–40 мкг/г. Фоновое содержание ртути в растениях – от 2 до 20 мкг/кг, в зерновых – от 10 до 103, овощах – от 3 до 59 мкг/кг; в продуктах животноводства: мясе – 6–20, молоке – 2–12, яйцах – 2–15 мкг/кг. Человек получает с суточным рационом 0,045–0,06 мг ртути, что примерно соответствует допустимой суточной дозе – 0,05 мг.

Защитным эффектом при воздействии ртути на организм человека и животных обладают цинк и селен. Предполагается, что защитное действие селена обусловлено образованием нетоксичного селенортутного комплекса за счет диметилирования ртути. Токсичность неорганических соединений ртути снимают аскорбиновая кислота и медь. При поступлении органических соединений этого элемента эффективно использовать повышенные дозы витамина Е (токоферола) и серосодержащих аминокислот метионина и цистина.

Свинец. Биологическая роль свинца малоизученна. По разным данным, в экспериментах на животных он

влияет на гемопоэз, изменяет активность некоторых ферментов, влияет на метаболиты, связанные со статусом железа в организме.

Свинец применяется для производства аккумуляторных батарей, тетраэтилсвинца, для покрытия кабелей, в производстве хрусталя, эмалей, замазок, лаков, спичек, пиротехнических изделий, пластмасс и т.п. Такая активная деятельность человека привела к нарушениям в природном цикле свинца.

Основной источник поступления свинца в организм – растительная пища.

Попадая в клетки, свинец (как и многие другие тяжелые металлы) дезактивирует ферменты. Реакция идет по сульфгидрильным группам белковых составляющих ферментов с образованием $-S-Pb-S-$.

Свинец замедляет познавательное и интеллектуальное развитие детей, увеличивает кровяное давление и вызывает сердечно-сосудистые болезни взрослых. Изменения нервной системы проявляются в головной боли, головокружении, повышенной утомляемости, раздражительности, в нарушениях сна, ухудшении памяти, мышечной гипотонии, потливости. Свинец может заменять кальций в костях, становясь постоянным источником отравления. Органические соединения свинца еще более токсичны.

Значительное загрязнение окружающей среды свинцом происходит в результате выхлопов автомобильных двигателей, так как соединения свинца добавляют в топливо (тетраэтилсвинец) с целью улучшения его качества. Высокоэффективным связующим для попавшего в организм свинца является пектин, который выводит свинец из организма животного, человека.

12. КРЕМНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ НАНОБИОТЕХНОЛОГИЙ

12.1. Классификация минеральных соединений кремния

Природные химические соединения кремния с комплексным кремнекислородным радикалом составляют более 85 % земной коры. Включают более 500 минеральных видов, в том числе важнейшие порообразующие – полевые шпаты, пироксены, амфиболы, слюда и др.

Классификация высококремнистых соединений основана на кристаллохимических данных, обобщающих результаты химических и рентгенографических исследований структур минералов.

В основе структур всех высококремнистых соединений лежит кремнекислородный радикал $(\text{SiO}_4)^{4-}$ в форме тетраэдра. Важной особенностью высококремнистых минералов является способность к взаимному сочетанию (полимеризации) двух или нескольких кремнекислородных тетраэдров через общий атом кислорода. Характер этого сочетания учитывается при их классификации. Кроме того, при классификации учитываются состав радикалов (Si, Al, B, Ti, Zr, V) и состав катионов (K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn), их наличие и характер в составе минерала воды или гидроксильных групп, наличие дополнительных анионных групп [1].

По характеру сочетания кремнекислородных тетраэдров выделяют 5 подклассов:

- островные;
- кольцевые;
- цепочечные;
- слоистые;
- каркасные.

Островные минералы. Сюда относятся минералы с изолированными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$ – ортосиликаты, связанные посредством расположенных между ними октаэдрических катионов (рис. 6, 1) или с изолированными парами тетраэдров $[\text{Si}_2\text{O}_4]^{6-}$, которые возникли в результате соединения двух кремнекислородных тетраэдров (см. рис. 6, 2).

К этой группе минералов относятся оливин, андалузит, топаз и др.

Кольцевые. Минералы данной группы характеризуются кольцевой структурой, в которой группы $[\text{SiO}_4]^{4-}$ не изолированы, а соединяются общими ионами кислорода в кольца.

При этом различают кольца двух типов – простые и двойные: волластотит, тарамеллат, берилл, кордиерит, эканит, миларит (см. рис. 6, 3).

Цепочечные. Простейшие и наиболее распространённые представлены непрерывными цепочками кремнекислородных тетраэдров, соединённых вершинами, типа $[\text{SiCb}]^{2-}$. К ним принадлежат пироксены, амфиболы, рамзаит и др. (см. рис. 6, 4,5).

Слоистые. Характеризуются непрерывными в двух направлениях слоями кремнекислородных тетраэдров, образующими бесконечные двумерные радикалы, которые в зависимости от пространственного положения кремнекислородных тетраэдров в слое имеют различную формулу; при этом в шестерном кольце тетраэдров слоя каждый из 6 атомов кремния принадлежит трём таким кольцам, т.е. по 2 кремния на каждое кольцо. К этой группе относятся слюды групп мусковита и биотита: группы пиррофиллита и талька, каолинита, галлуазита, хлорита и др. (см. рис. 6, 6).

Каркасные. Минералы характеризуются трёхмерным бесконечным каркасом кремнекислородных тетраэдров

типа $[\text{SiO}_4]^{4-}$, соединённых всеми четырьмя вершинами друг с другом так, что каждый атом кислорода одновременно принадлежит только двум таким тетраэдрам $[\text{Al}_m\text{Si}_{n-m}\text{O}_{2n}]^{m-}$. К ним относятся минералы группы полевых шпатов, нефелины, цеолиты, гельвины.

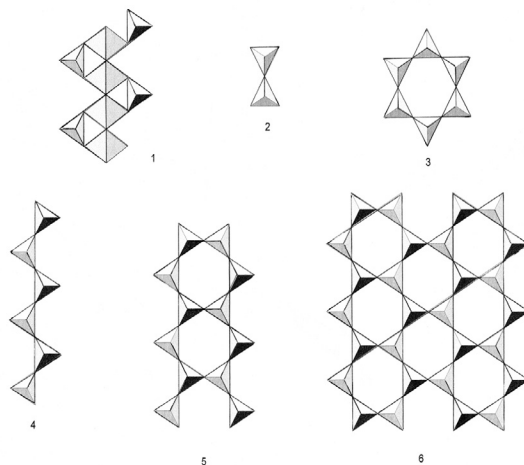


Рис. 6. Подклассы кремнекислородных тетраэдров

В структурах этой группы минералов установлено число различных типов цепочек, лент, сеток и каркасов из тетраэдров. По составу тетраэдрических радикалов различаются простые соединения с кремнекислородным радикалом $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и сложные, в которых присутствуют тетраэдрические группы: алюмосиликаты, бериллосиликаты и др., соединяясь с кремнекислородными тетраэдрами не вершинами, а рёбрами.

Катионы, входящие в состав высококремнистых соединений, разделяются на две группы: малые катионы – Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и др.; крупные катионы – K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} .

Свойства высококремнистых минералов определяются, прежде всего, типом кремнекислородного тетраэ-

дра, твёрдостью, слоистостью, пористостью, плотностью, размером частиц. Цвет большинства минералов определяется ионами железа Fe^{2+} (зелёный), Fe^{3+} (бурый, красный, жёлтый), Fe^{2+} и Fe^{3+} (синий и др.).

В. И. Вернадский считал, что кремний в мироздании обладает исключительным значением. В периодической системе Д. И. Менделеева Si занимает № 14 с атомной массой 28,085. За рубежом его называют силицием (silex).

Кремний широко распространён в природе и его часто называют королём неорганического мира. Из соединений кремния состоит большая часть земной коры в виде устойчивых соединений в основном двуокиси кремния SiO_2 и его гидратов в виде силикатов и алюмосиликатов. Основы всех этих природных соединений кремния составляют его атомы, симметрично окружённые четырьмя атомами кислорода. Если в этом тетраэдре все атомы кислорода связать с атомами водорода, то получим ортокремниевую кислоту.

Двуокись кремния встречается в природе в виде минералов кварца и значительно реже тридимита и кристобалита, построена из кремнекислородных тетраэдров, образующих трёхмерный каркас.

Из кварца состоят песчаники и кварциты. Кварц входит также в состав многих горных пород: граниты, пегматиты и т.д. В силикаты включаются атомы и различные элементы (алюминия, магния, кальция, железа и др.).

Растворы кремниевых кислот в природе образуются за счёт растворения в воде аморфного кремнезёма. Содержание их в растворах незначительное – в пределах 0,01 %. Кислоты эти неустойчивы и легко конденсируются с выделением воды и двуокиси кремния. Следует отметить, что эти соединения могут образовывать коллоидные растворы (золи). Последние состоят из мельчай-

ших наночастиц гидрированного кремнезёма, связанного с ионизированной кремниевой кислотой, золи легко превращаются в гели. К слоистым силикатам относятся все семейства глин.

В прошлом столетии начали синтезировать органические соединения кремния. По некоторым свойствам они оказывались резко отличающимися от природных кремнезёма и силикатов. Изучение таких веществ привело к появлению нового поколения соединений кремния – полимерных кремнийорганических материалов, которые нашли применение в промышленности, электротехнике и космонавтике.

В новых полученных материалах удалось объединить два элемента: кремний – важнейший элемент неорганического мира и углерод, являющийся основой всего живого. Полученные кремнийорганические соединения сочетают лучшие свойства силикатов: (химическая устойчивость, эластичность и растворимость).

Водоотталкивающие кремнийорганические покрытия широко используются для повышения водостойкости в строительстве, водозащитной одежде.

В природе все живые существа находятся в постоянном контакте с естественными и искусственными соединениями кремния. В организм животных, например овец, ежедневно поступает с кормом до 40 г кремнезёма, человека – 0,5–1 г кремния, а содержание в теле человека не более 9–10 г. В связи с этим многими учёными этому элементу не уделяется внимание, они считают кремний инертным и ненужным веществом в обменных процессах человека и животных. Считаем, что такой подход является ошибочным. Требуется экспериментальное обоснование его нормирования в птицеводстве.

В. И. Вернадский не подвергал сомнению, что ни один живой организм не может существовать без кремния.

Учеными кремний обнаружен практически во всех живых организмах. По уровню его содержания живые организмы делятся на три группы:

1. Содержащие кремния более 10%.
2. Богатые кремнием – 1–2%.
3. Обычные, содержащие 0,1–0,001%.

В далеком прошлом на земле существовали организмы с кремниевым скелетом. Утилизация кремния осуществлялась живыми организмами более 600 млн лет назад. Большинство кремниевых организмов принадлежит к классу низших живых существ (простейших, обитающих в морской воде). К ним относятся как простейшие растения – водоросли, так и низшие животные – фораминиферы, радиолярии, кремниевые губки и солнечники. Все они извлекают кремний из морской воды и накапливают в твердых тканях (панцирях, скелетах, спикулах).

Содержание кремния в твердых тканях диатомей 4,0–7,0%, кремниевых губках – 0,1–0,8, в костях млекопитающих – в пределах 0,1%.

Диатомеи являются одним из самых распространенных на земном шаре микроорганизмов, их насчитывается около 20 тыс. видов. Это микроскопические одноклеточные существа размером 0,75–1500 мкм. Диатомовые водоросли обитают не только в морях и океанах, но и в сырой почве, на прибрежных песках и скалах.

Большие залежи диатомовых водорослей отмечены в Западной Сибири, Забайкалье, Таймыре, Чукотке, Карелии и т.д.

Заметное место в перечне кремниевых организмов занимают одноклеточные морские существа – фораминиферы. Кремнезем, из которого состоит раковина, является опалом. Радиолярии – один из самых древнейших видов живых организмов на нашей планете, имеющих

размер от 40 мкм до 1 мм. Из остатков скелетов радиолярии состоят огромные залежи радиоляриевого ила на дне морей и океанов.

К группе высококремнистых организмов относятся также губки, которые содержат в золе более 95 % кремнезема. Из скелета губок образуются осадочные породы – спонгилиты и опоки.

Кремний играет важную роль в жизнедеятельности солнечников, амёб, инфузорий и многих других простейших, составляющих основную массу зоопланктона [36].

Следует отметить, что кремний выполняет важные функции в жизни лишайников и грибов, содержащих до 10–17 % кремнезема.

Кремний является циклическим элементом, совершающим непрерывный круговорот в природе. Миллионы тонн этого элемента находятся в непрерывном движении в геохимической миграции, – писал В. И. Вернадский.

Главную роль в круговороте кремния выполняют низшие классы организмов и растения, поглощающие его из окружающей среды и возвращающие в измененном виде после жизни. В круговороте участвуют и млекопитающие, однако незначительно, в том числе грызуны.

Важную роль в геохимии кремния играют бактерии, разрушающие силикаты, высвобождая кремнезем, калий, фосфор и другие минеральные соединения.

12.2. Кремний и нанотехнологии в биологических системах

За последние годы проводятся многочисленные исследования по изучению нанотехнологий применительно к биологическим наукам: микро- и макробиологическим. Проведение исследований в данном направлении является актуальным и давно назрело. Необходимо раз-

рабатывать методологические вопросы по терминологии, систематизации нанотехнологий биологической направленности [32, 78, 140].

Исследования В. В. Потапова по гидротермальному кремнезему показывают, что кремнезем в термальной воде находится в виде полимерных структур, представляющих собой сферические образования (коллоидные частицы), которые имеют радиус от 7,2 до 34 нм. Такая форма кремнезема позволяет активно взаимодействовать с мембранами биологических объектов и проникает внутрь клеток. Нарастание концентрации кремния внутри биологических объектов имеет свои пределы, которые задаются физиологическими особенностями конкретных объектов и химическим составом внутриклеточной жидкости.

Одно из направлений нанобиотехнологии – разработка методов и способов привнесения искусственных наночастиц различных материалов в живые системы. Данная область представляет собой перспективное направление использования кремния в различных технологиях, который будет доставляться посредством этих технологий в необходимый орган живого организма.

Литофагия, или камнеедение («литос» – камень, «фагос» – пожирание) – в животном мире явление столь же широко распространённое, как и обычное питание. Но она всё ещё остаётся за пределами внимания учёных, всё ещё не нашла должной научной оценки. Правда, в народной и официальной медицине некоторые камни употребляются как лечебное средство [98].

Термин «литофагия» в науку был введен П. Л. Дравертом – крупным сибирским геологом и известным поэтом в 1922 г. Отметив литофагию среди волков, северных оленей, лосей, куланов как явление самолечения (авто-

терапию), Драверт привёл примеры камнеедения и среди людей различных континентов, предположив, что литофагия есть результат деградации голодных людей или прихоть отдельных гастрономов-любителей. Но вот что интересно. Во многих районах мира, названных Петром Людвиговичем, где камнеедение особенно широко распространено у людей, ныне открыты месторождения минерального сырья, обладающего сорбционными и ионообменными свойствами: цеолитизированные туфы, монтмориллонитовые, каолиновые глины и др. Обратите внимание: не сульфаты, бромиды или иные лечебные соли, признанные медициной в качестве лечебных препаратов, а обыкновенные алюмосиликаты, повсеместно распространённые в земной коре. О том, что поваренная пищевая соль (хлорид натрия) является лакомством для животных, знают многие, для цивилизованного же человека она непереносимая часть ежедневной пищи. Но кроме пищевой и лечебных солей есть большая группа алюмосиликатных и силикатных минералов (состоящих соответственно из алюминия, кремния, кислорода или из кремния и кислорода), которые едят птицы, звери и люди, однако знают о них лишь немногие путешественники, геологи, охотоведы.

Известный путешественник и исследователь Дальнего Востока В.К. Арсеньев был поражён тем, что дикие животные поедали огромное количество несолёных пород. Вот что он писал: «В километрах пяти от устья слева в Ван-гоу впадает маленький ключик, называемый китайцами Талаза-гоу – “Долина большой скалы”. Действительно, такая скала есть. Порода, из которой она состоит, разрушаясь под действием солнца, дождя и ветра, даёт беловатую рыхлую массу, похожую на глину. По словам местных жителей, летом во время пантовки здесь всегда

держится много изюбров. Они с какой-то особенной жадностью грызут эту землю. При ближайшем обследовании скалы на ней действительно были найдены многочисленные следы, оставленные зубами оленей. С одной стороны ими было съедено так много породы, что образовалась выемка около аршина глубиной».

Охотовед Дальнего Востока Л. Г. Капланов наблюдал за посещениями природных солонцов дикими копытными животными. Изучая пробы, он пришел к выводу, что ничтожно малое содержание в них растворимых веществ делает непонятным активное посещение животными Сихотэ-Алинских солонцов. Вывод логичный: зачем животному есть камни, если все необходимые ему вещества содержатся в кормах.

Биолог-охотовед А. А. Насимович, исследовавший в 30-х годах водные вытяжки из солонцовых грунтов Северо-Кавказского заповедника, также пришёл к выводу, что в них практически нет химических элементов, ради которых животные могли бы поедать эти породы.

Канадские исследователи М. Кадэн и В. Бринк в 1949 г. опубликовали статью «Естественные солонцы диких животных в национальных парках Канады в Скалистых горах», в которой обратили внимание на широкое распространение природных солонцов, часто посещаемых дикими и домашними копытными животными (лошади, крупный рогатый скот, степные бараны, степные козы, снежные козы, северные олени, чернохвостые олени, белохвостые олени).

Можно привести ещё много примеров «солонцевания» диких животных. Исследователей ставит в тупик вопрос: какова причина поедания животными несолёных пород? Сегодня необходимым дополнением для удовлетворения физиологических нужд животных считается

только натрий, отсутствующий в пище в достаточных количествах. Но, не обнаружив в водных вытяжках солонцовых пород хлористого натрия, исследователи делают предположения о возможной нехватке в организме каких-то других элементов. Называют кобальт, радий, фосфор, просто «микроэлементы», есть даже попытки обвинить животных в испорченных потребностях (если потребляются грязные воды, моча, зола). Трудно удержаться, чтобы не привести ещё пример, который хорошо раскрывает уровень сегодняшних знаний о литофагии.

Под г. Костромой есть прирученное стадо лосей, находящееся под наблюдением учёных. Отёл лосих здесь проходит под наблюдением людей в лесу в специальных загонах. И, как пишет журналист О. Либкин, «отчего-то в раннем возрасте они (лосята) едят землю, древесную труху и прочие малопривлекательные субстанции, рискуя подхватить желудочно-кишечные заболевания. Лосеводы подставляют им ведра с чистым речным песком, каковой довольно быстро исчезает».

Литературных примеров камнеедения привести можно множество, но и указанных хватит, чтобы понять недостаточность наших знаний о причинах литофагии.

При первых же исследованиях было установлено, что на зверовых природных солонцах или вблизи них немало экскрементов животных, состоящих в той или иной мере (нередко полностью) из каменного материала, по внешним признакам не отличающегося от материала «солонцовых» пород. Это навело на мысль провести сопоставительные анализы поедавшихся пород («вход») и минеральной части экскрементов («выход»).

Минеральное меню диких животных оказалось весьма разнообразным. В центральном Сихотэ-Алине «солонцами» для лосей и изюбров служат кислые цео-

литизированные и монтмориллонитизированные туфы, преимущественно гейландит-клиноптилолитового состава, опал, монтмориллонит или их смеси.

На побережье Байкала изюбры «солонцуются» разуплотненными при выветривании метаморфическими сланцами, состоящими из тонкого кварца, гидрослюд, хлоритов, амфиболов, плагиоклазов (альбит), карбонатов кальция и магния. Предпочитают животные кварц-гидрослюдистые разновидности пород.

На Алтае, в районе Телецкого озера, лоси и маралы поедают продукты тонкой дезинтеграции древних сланцевых пород, представленных биотитплагиоклазовым гнейсом, биотитовым кварцитом и другими соединениями.

На Абаканском хребте Алтая литоосновой «солонцов» служат глинистые продукты преобразования серпентинизированных гипербазитов, составляющих лакомство для лосей, маралов, горных козлов, птиц.

На южных склонах Северо-Чуйского хребта и на его западных отрогах исключительно широко распространены солонцы гидрослюдисто-хлорит-кварц-полевошпатового состава.

В Западном Саяне «солонцовыми» породами для зверей и птиц являются продукты дезинтеграции гидрослюдисто-хлоритовых и кварц-гидрослюдисто-хлорит-карбонатных сланцев.

В горах Верхоянья снежные бараны и лоси поедают мелкозем, состоящий из монтмориллонита с примесью натровых плагиоклазов, гидрослюд и углистого вещества, формирующийся в результате выветривания пород пермокарбонового возраста.

На севере Сибирской платформы объектом повышенного внимания северных оленей являются цеолитоносные и монтмориллонитоносные породы корвунчанской

свиты триаса. Ради них животные забираются на труднодоступные крутые обрывы и нередко срываются, разбиваясь насмерть.

В Присалаирье активно посещаемые дикими и домашними животными «солонцы» обнаружены в поле распространения краснодубровской свиты четвертичных отложений. Это суглинки и супеси существенно монтмориллонит-гидрофлюидного состава с примесью полевых шпатов, кварца, кальцита и гипса. К слову, во многих обжитых районах Сибири «солонцы», посещаемые дикими животными, посещаются и домашними: коровами, сарлыками (яками), лошадьми, овцами, козами, птицей.

Через лаборатории СНИИГГиМС за несколько лет прошла не одна сотня проб зверовых «солонцов» Сибири и Дальнего Востока, экскрементов их посетителей: лосей, маралов, изюбров, снежных баранов, горных баранов, козорогов, барсуков, зайцев, коз и других животных. Примечательно, что в подавляющем большинстве случаев на природных зверовых «солонцах» поваренной соли нет. В перечне минералов, встреченных в породах «солонцов» и в экскрементах животных и птиц, наиболее часто отмечаются цеолиты, монтмориллониты, слюды, гидрофлюиды, хлориты, серпентиниты, каолиниты, опалы, кварцы, полевые шпаты. Солёные водные источники животными посещаются вяло. Правда, в случае искусственного засоления поваренной солью любых пород, особенно глинистых, со временем наблюдается очень активное посещение их дикими животными (домашними тоже).

В этой связи представляется целесообразным укоренившийся в литературе термин «солонец» заменить словом «кудюр», которым издревле пользуются исконные скотоводы – алтайцы, монголы, манчжуры, хакасы и др. Понятийное значение слова путают даже языковеды. Из

топонимического словаря Горного Алтая (1979): «Кујур – солонцовый грунт земли, солончак, солонец, солончаковый – распространен довольно широко в географической номенклатуре Алтая». Распространён, верно. Но ведь в корне слова не «соль», а «лог», «ложбина», «урочище», «низина» в горах или на равнинах, посещаемые животными для поедания земли. «Кујур» – произносится мягко и звучит как «кудюр». Близким по звучанию и смыслу словом пользуются и другие народности: тувинцы – «хужур», хакасы – «хучьур», эвенки – «куду», маньчжуры – «хьуд-жури», монголы – «хужир», буряты – «хужар».

Представители коренного населения отлично знают о камнеедении диких и домашних животных. Чабаны пасут свои стада таким образом, чтобы в самый нужный момент подопечные им животные находились вблизи кудюров.

Сарлыки весной, летом и осенью обязательно идут на «солонцы» или, как их называют тувинцы, «хужуры». Соли в них не бывает, животные едят и лижут землю. Посещают они кудюры два-три раза в год и остаются там на несколько дней. Подкормка сарлыков солью может только отсрочить на некоторое время посещение ими кудюров. Маткам во время отёлов соль даётся без ограничений, но всё равно через некоторое время они уходят на кудюры вместе с телёнком. В это время в желудке сарлыков может быть по несколько килограммов земли.

Лошади, коровы, если соли нет в хозяйствах, тоже идут на кудюры. Из диких животных кудюры посещают лоси, козы, косули, козероги и особенно маралы. Дикие животные приходят на кудюры за 30–40 км, поднимаясь из кормных долин в горы на высоты до 2 тыс. м. Количество потреблённого минерального вещества (кудюрита) за один раз у маралов может составлять несколько кило-

граммов. Насытившись землёй, животные возвращаются на свои пастбища.

Тувинцы различают два типа подкормочных площадок – хужуры и хаиры. Хужуры (кудюры) – это минеральные площадки, расположенные в долинах, на ровных горизонтальных участках, хаиры – осыпи мелкозёмного материала на крутых склонах рельефа, обычно южной экспозиции. Хаир – по-тувински гора. Принципиального различия в составе минерального материала на кудюрах и хаирах нет. Ограничимся названием кудюры, породы соответственно будем называть кудюритами. Но нужно иметь в виду, что на кудюрах каменный материал всегда более тонкий, с большим содержанием глинистой составляющей. Время посещения дикими животными и птицей кудюров – начало второй декады апреля, когда оттаивает земля. Чаще в это время бывают животные и на хаирах.

12.3. Экспериментальное обоснование влияния кремния и высококремнистых минералов на обмен веществ у птицы

В последние годы особое внимание обращается на использование в кормлении птицы цеолитов и других нетрадиционных высококремнистых добавок [61–76, 109, 133, 135–137].

Учитывая, что у авторов нет единого мнения по этому вопросу, и противоречивость полученных ими данных, нами была поставлена цель – провести комплексные исследования по изучению механизма действия минералов Сибири и эффективность их применения в птицеводстве.

Опыты проводились в научно-образовательно-производственном комплексе «Сибагросандарт», Сибирском НИИ переработки сельскохозяйственной продукции, Новосибирском государственном аграрном университете и Си-

бирском научно-исследовательском институте геологии, геофизики и минерального сырья [21, 81, 92, 104–106, 117].

В связи с тем, что при нормировании макро- и микро-элементов в кормлении животных кремний как элемент не рассматривается, высококремнистые соединения, по мнению многих авторов, выполняют лишь механическую функцию, нами была поставлена цель – изучить влияние различных высококремнистых комплексов на организм птицы, изменения самих добавок при прохождении через пищеварительный тракт, а также их воздействие на продуктивные показатели и качество получаемой продукции.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- найти минерал, содержащий максимальное содержание кремния и минимальное количество примесей других элементов;
- измельчить минералы до определенной фракции;
- провести физиологические исследования по влиянию различных минералов на активность ферментов, переваримость и усвояемость питательных веществ;
- изучить воздействие высококремнистых комплексов на гематологические показатели.

Совместно с геологами были определены для изучения этой проблемы три высококремнистых минерала: горный хрусталь, цеолит (пегасин) и кварц жильный.

Опыты проводились на курах яичного направления по 3 головы в группе. В рацион опытной птицы вводилась 5%-я добавка во 2-й группе – горного хрусталя, в 3-й – пегасина, в 4-й – молочного кварца. Контрольная группа получала основной рацион без добавок. Продолжительность опыта – 30 дней.

Рацион опытной птицы соответствовал нормам ВНИТИП. Кормление птицы осуществлялось по прин-

ципу вволю. Во время опыта ежедневно учитывалось количество потребляемого корма и снесённых яиц, а в ходе балансового опыта проводили ежедневный учёт выделенного помёта. Образцы комбикормов, помёта и яиц исследовались в НГАУ. Часть помёта исследовали на макро- и микроэлементы в лаборатории СНИИГГиМС.

В эксперимент были введены две разновидности кварца – горный хрусталь и обычный, часто встречающийся в природе, жильный кварц.

Горный хрусталь – дефектная друза бесцветных крупных (10–15 см) кристаллов кварца, покрытых железистой рубашкой. После отмывки и соскабливания железистая плёнка была почти полностью удалена. В опытах с горным хрусталём ставилась цель получить материал на идеально чистом кварце, чтобы исключить возможность химических изменений за счёт различных примесей, часто встречающихся в других разновидностях кварца.

Жильный кварц – белый, молочно-белый крупнокристаллический, иногда окрашен пятнами – окислами железа, с редкими включениями прозрачного среднекристаллического кальцита, очень редкими тончайшими вкраплениями пирита.

Цеолитовый туф (пегасин) представлял собой пробу Пегасского месторождения гейландита. Цвет породы серовато-жёлтый, структура пепловая или реликтовая витрокластическая, микрозернистая. Излом раковистый, текстура беспорядочная, участками полосчатая. Порода сложена рогульчатыми осколками раскристаллизованного стекла и редкими остроугольными обломками полевых шпатов, кварца, единичными зёрнами рудных минералов (геметита). Полевые шпаты представлены кислыми плагиоклазами (типа олигоклаза) размером 0,06 мм, иногда с четкой структурой тонких двойниковых

полос, а также калиевыми полевыми шпатами, представленными цеолитизированным ортоклазом и единичными зёрнами микроклина с решёткой двойниковой структуры.

Роговчатые осколки вулканического стекла имеют размеры от 0,01–0,17 до 0,027–0,10 мм. Крупные из них замещены мелкочешуйчатым монтмориллонитом. Монтмориллонит жёлтый, с высоким показателем преломления ($1,595 \pm 0,005$) с большим двупреломлением порядка 0,020–0,030, что свидетельствует о его высокой железнитости.

Связывающая стекла основная масса главным образом сложена цеолитом. Кристаллы цеолита – гейландитовые с очень низким двупреломлением, почти изотропны (1,485–1,490). Их игольчато-пластинчатое строение более чётко обнаруживается на границе цеолит – монтмориллонит, особенно когда они образуют ассоциацию замещения крупных роговчатых стекол, где иголки (0,01–0,001 мм) цеолита, прорастая роговчатые, располагаются иногда почти перпендикулярно их ограничениям. Возможно, что цеолитизация была более ранним процессом, а последующая монтмориллонитизация часто искажает геометрическую форму стёкол.

В основной связующей цеолитизированной массе какую-то роль также играет и включение мелкочешуйчатого (порядка 0,002 мм) монтмориллонита. Здесь также в участках скопления монтмориллонитовых чешуек более чётко вырисовывается игольчато-пластинчатое строение цеолита, т. к. они бесцветны и обладают значительно меньшим показателем преломления.

Состав породы: полевые шпаты – 1,5 %; кварц – до 1; рудные единичные зёрна; вулканическое стекло нераскристаллизованное – от долей до 10–12 %; монтмориллонит (по стёклам и в основной массе) – 25–30; гейландит – до 10–12 %.

дит – 60–70 %. На поверхностях трещин – гидроокислы железа и гидроокислы марганца с проникновением в породу в форме дендритов на глубину до 3–5 мм.

Горный хрусталь, кварц и пегасин для опыта были раздроблены и отсортированы. В эксперимент была отобрана только фракция с размером частиц 3–4 мм. Все обломки имели остроугольную форму с раковистым или занозистым изломом. Химический состав их иллюстрирует табл. 51.

Таблица 51

Химический состав минералов, %

Компоненты	Вещество		
	горный хрусталь	пегасин	жильный кварц
H ₂ O	0,04	3,40	н/о
SiO ₂	98,89	63,58	97,59
Al ₂ O ₃	н/о	11,58	н/о
TiO ₂	н/о	0,20	н/о
FeO	0,08	0,66	0,07
Fe ₂ O ₃	0,08	3,11	0,07
P ₂ O ₅	0,05	0,06	0,05
MnO	сл.	0,04	0,01
CaO	н/о	4,21	0,42
MgO	0,30	1,63	0,16
Na ₂ O	0,05	0,24	0,05
K ₂ O	0,06	0,78	0,10
S	н/о	н/о	н/о
Сумма	99	99	98

Каменный материал, прошедший пищеварительный тракт птицы (в дальнейшем для краткости «выход»), изучался в сопоставлении со скармливающимся, т.е. исходным материалом (в дальнейшем для краткости «вход»). Для этой цели пробы помёта контрольных групп загружали в стеклянные лабораторные сосуды, которые заливали дистиллированной водой, осторожно и очень тщательно перемешивали, а затем отстаивали в течение 2–3 суток.

Отбор возможных водорастворимых новообразованных минеральных или органических веществ производился путём слива прозрачной верхней части столба жидкости из сосудов. Сосуды доливали водой, содержимое в них снова «замучивали», а затем отстаивали в течение 2–3 суток. Всего, таким образом, в несколько приёмов было слито по 10 л жидкости из каждой анализируемой пробы. Слитую жидкость в дальнейшем выпаривали, сухой остаток анализировали.

В отмывавшихся пробах с помощью сита многократно отделялась всплывающая на поверхность лёгкая часть содержимого помета – растительный детрит. После просмотра под микроскопом этот детрит выбрасывали, если на нем не оказывалось прилипших минеральных частичек. Если же таковые обнаруживались, то он подвергался дополнительной отмывке.

В средней части столба жидкости в сосудах сосредоточивались тонкий растительный детрит и тончайшие (0,3 мм) минеральные обломки. Этот материал оказался наиболее «капризным» в работе. В образцах с кварцевым материалом (горный хрусталь, кварц) фракции отмывались с трудом, т.к. зёрна их в результате механического дробления в пищеводе птицы приобрели исключительно оскольчатые формы и легко цеплялись за растительные остатки. Весь этот материал пришлось отобрать и фракционировать его в отдельных сосудах – отмучивать и отсаживать минеральную часть выхода в течение 20 суток. После этого чистая минеральная часть была отобрана и высушена.

Аналогичный по составу механический материал в случаях с цеолитовым туфом удалось разделить путём многократной отмывки после 2–3-дневных отстоев. Вся работа проводилась при микроскопическом контроле за

возможностью присутствия минеральных частиц на растительном детрите. Только после полной отмывки растительный детрит удаляли. Минеральные же частицы в дальнейшем подвергали анализу.

Крупные минеральные частицы совместно с крупным растительным детритом накапливались на дне сосуда. При многократном отмыве они сравнительно легко отделялись. Минеральную часть после сушки фракционировали на ситах и в дальнейшем подвергали анализу.

Следует отметить, что в результате микроскопических исследований нескольких образцов кормосмеси, равно как и минерального материала на выходе, было установлено, что в них всегда обнаруживалась загрязняющая минеральная примесь в виде обломков роговиков, кремней, рудных материалов, попавшая, по-видимому, в корм, а затем и в пищевод птицы с мест его изготовления и хранения.

Для предупреждения искажений состава каменного материала при анализах за счёт загрязняющей его примеси все изучаемые фракции разбирали вручную под биноклярной лупой. И только таким образом были набраны монофракции для производства всех видов минералогических и химических анализов. Это дало возможность провести анализы достоверно сопоставимых материалов на «входе» и на «выходе».

12.3.1. Физико-химические изменения минералов

Все виды минеральных добавок в желудочно-кишечном тракте птицы претерпевают существенные изменения, как физические, так и химические.

Если на «входе», т.е. до скармливания, фракции каменного материала были размером 4–5 мм, то на «выходе» (после прохождения через пищеварительный тракт птицы) оказывалось разнообразие обломков от 4 мм и меньше.

Кроме того, в каждой из изученных фракций, за исключением фракции менее 0,1 мм, имелись хорошо окатавшиеся, т.е. округлой или овальной формы обломки (табл. 52, 53).

Таблица 52

Гранулометрический состав минеральных добавок на «выходе»

Вещество	Фракции, мм					
	>3	2–3	1–2	0,5–1,0	0,1–0,5	<0,1
Горный хрусталь	9,94 26,36	20,07 53,22	2,18 5,78	0,34 0,90	2,72 7,21	2,46 6,53
Пегасин	Нет	1,60 7,47	6,27 29,27	1,59 7,42	5,61 26,19	6,35 29,65
Жильный кварц	13,73 55,93	4,47 19,64	0,62 2,72	0,60 2,64	2,19 9,62	2,15 9,45

Примечание. В числителе выход, г; в знаменателе –%.

Таблица 53

**Количество окатанного минерального вещества на «выходе»
(по фракциям), %**

Вещество	Фракции, мм						
	>3	2–3	1–2	0,5–1,0	0,3–0,5	0,1–0,3	0,1
Горный хрусталь	38	47	57	70	57	10	Нет
Пегасин	Нет	65	57	44	31	5	Нет
Жильный кварц	60	83	90	55	20	12	Нет

Микроскопическими исследованиями установлены существенные изменения минеральных обломков после прохождения пищеварительного тракта птицы. Например, в цеолите обломки крупнее 3 мм исчезали вообще, что объясняется сравнительно просто – небольшой его плотностью. Размер обломков здесь колебался от 3 до 0,05 мм. Частицы меньше 0,05 мм представлены главным образом отдельными минералами, слагающими туф. Все обломки по отношению к исходным стали более тёмными и округлыми или овальными (в терминологии геологов – окатанными.)

В пробах с горным хрусталём и жильным кварцем зафиксированы минимальные размеры – 0,05 мм. Сохрани-

лись и обломки размером несколько крупнее 3 мм. По отношению к первоначальным они всегда более окатанные. Во всех фракциях преобладают частицы крупнее 0,5 мм, окатанные и полуокатанные. Однако во фракциях менее 0,5 мм преобладают остроугольные частицы, а во фракциях менее 0,1 мм окатанность материала вообще не наблюдается. Стеклянный блеск и прозрачность в обломках горного хрусталя по мере его окатывания исчезают. Они становятся матовыми. Следы истирания кварцевого материала всегда хорошо прослеживаются на угловатых концах обломков. Кальций, помимо истирания, растворяется, благодаря чему образуются впадинки на месте карбоната.

Таким образом, минеральные добавки, проходя по пищеварительному тракту птицы, дробятся и становятся овальными.

Химические изменения минералов, происходящие в организме птицы, ионообменные. Сопоставление результатов химических анализов цеолита на «входе» и на «выходе» отчётливо показывает на ионообменный характер реакций. Наблюдается обогащение каменного материала на выходе фосфором, калием и обеднение его кальцием.

Отношением результатов анализов «вход»–«выход» или наоборот можно выразить активность обменных реакций. Соответствующие величины отражают коэффициент обмена:

Fe	P	K	Na	Si	F	Ti	Mn	Fe	Mg	Ca
+6,2	+6,0	+5,2	+2,0	+1,0			-1,2		-1,4	-2,2

Наибольший коэффициент обмена был у фосфора (+391,6%), т.е. его в цеолитовом туфе на «выходе» стало почти в 4 раза больше, чем на «входе». Увеличилось также количество калия – в 2,6 раза, натрия – на 33%. Другие же элементы, такие как магний, кремний, марганец, титан, железо и кальций, цеолитовый туф отдаёт.

Отмечался высокий уровень обмена кальция. Из породы извлекалось 46,8% элемента. Несколько ниже был этот показатель у железа, титана и марганца (соответственно 22,7; 21,7; 18,7%). По-видимому, в процессе пищеварения в связи с дефицитом одних и избытком других элементов цеолит выполняет функцию регулятора обмена минеральных веществ в организме птицы.

Некоторая часть цеолита растворилась в желудочно-кишечном тракте. Из 130 г воздушно-сухого помёта в водном растворе было обнаружено 4,56 г минерального вещества следующего состава (г): SiO_2 7,49/0,34; Al_2O_3 2,08/0,09; TiO_2 н/о/н/о; P_2O_5 18,56/0,85; MnO 0,13/0,01; CaO 12,47/0,57; MgO 12,34/0,56; Na_2O 20,6/0,94; K_2O 17,2/0,79; SiO_3 8,28/0,24; $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 1,37/30,6; S 2,41/0,11. Результаты спектрального и атомно-адсорбционного анализа цеолита на «входе» и «выходе» показали, что происходит обогащение каменного материала стронцием и вывод его из организма.

Хроматографическое исследование показало, что газообразные продукты метаболизма – углекислый газ, водород, метан, окись углерода и аммиак активно сорбируются всеми фракциями цеолита (табл. 54).

Таблица 54

Газовый состав цеолита в исходном состоянии (на «входе») и после прохождения пищеварительного тракта птицы (на «выходе»), мг/г цеолита

Фракция	Размер, мм	CO_2	H_2O	H_2	N_2	CH_4	CO	NH_3
Цеолит на «входе»	4–5	1,58	172,2	Следы	0,07	0,05	0,36	0
Цеолит на «выходе»	2–3	3,96	158,2	0,25	0,0	0,30	1,18	3,96
Цеолит на «входе»	1–2	5,41	150,3	0,22	0,05	0,59	2,0	5,28
Цеолит на «выходе»	0,2–0,5	10,28	200,2	0,59	0	0,99	4,1	10,80

Из табл. 54 следует, что чем тоньше фракция, тем выше её сорбиционные свойства. Так, если цеолит фракции 2–3 мм выносит из организма 2,38 г CO_2 , 0,25 г H_2 , 0,25 г CH_4 , 0,82 г CO и 3,96 г H_3 , то фракция цеолита 0,2–0,3 мм выносит в 3,6 раза больше углекислого газа, в 2 – водорода, в 3,9 – метана, в 5 – окиси углерода и в 2,7 раза – аммиака.

В отличие от цеолита кварцевый песок на «входе» и «выходе» по химическому составу практически не различался. Небольшие колебания в повышении или уменьшении отдельных элементов были столь незначительными, что их можно отнести к погрешностям анализа. Однако в растворимой части сухого помёта птицы, в рацион которой вводили кварцевый материал, обнаружили 26,6 г органоминерального вещества, в том числе минерального 9,28 г, т.е. в 2 раза больше, чем аналогичных растворов при скармливании цеолита. Состав минерального вещества был следующий (г): SiO_2 –0,18; Al_2O_3 –0,05; Fe –0,05; P_2O_5 –3,53; MnO –0,11; CaO –0,61; MgO –0,59; Na_2O –1,18; K_2O –2,50; SO –0,61; S –0,15.

В опыте с кварцем прослеживается больший вынос с каменным материалом стронция и цинка, чем в эксперименте с цеолитом. Отчётливо наблюдался также вынос меди, олова и галлия. Количество остальных элементов на «входе» и на «выходе» было практически одинаковым (табл. 55).

Приведённые данные свидетельствуют о большом значении кварца для регуляции солевого баланса организма. Так, в опыте всего лишь 0,18 г кварца, полученного с кормом, присоединились и вынесли из организма птицы более 9 г других соединений. Установлено, что кварцевый материал при прохождении пищеварительного тракта птицы в процессе механического измельчения на вновь образующихся плоскостях скола формирует хи-

мически активную плёнку, представляющую собой коллоид кремнекислоты.

Таблица 55

**Содержание изученных микрокомпонентов в некоторых пробах
(в опытах с горным хрусталем), %**

Компоненты, $1 \cdot 10^{-3}$ *	Вещество		
	горный хрусталь на «входе»	растворенное вещество на «выходе»	новообразован- ные минералы на «выходе»
Cr	0,43	0,40	0,40
V	0,72	0,56	0,67
Ni	0,78	0,63	1,1
Ga	Сл.	0,25	0,25
Sn	Сл.	1,8	0,32
Sr	6,2	160,0	66,0
Ba	9,0	11,0	4,0
Zn	1,5	151,0	147
Cu	0,6	8,0	3,0
Pb	0,2	0,5	0,2

* Хром, ванадий, никель, галлий, олово, стронций и барий определены количественным спектральным анализом; цинк, медь, свинец – атомно-адсорбционным.

Такая плёнка, обнаруженная на поверхности обломков кварца и цеолитового туфа, насыщается в пищеварительном тракте птицы адсорбатами. Однако в результате механического действия (трение в мускульном желудке) она срывается, и на вновь образованной поверхности частичек минералов немедленно (за доли секунды) образуется новая плёнка, вступающая в хемосорбционные процессы. Следовательно, механическое дробление, истирание вещества и обменные процессы идут непрерывно, накапливая продукты обменных реакций в растворимой части помёта.

В отличие от цеолита с чистым кварцем в организм птицы не поступает каких-либо дополнительных химических элементов, за исключением кремнезёма. Веро-

ятно, в том случае, когда птица получает с кормом все необходимые минеральные вещества, кварц выполняет роль регулятора их обмена в организме. При этом энергетические затраты, связанные с обменными реакциями, будут меньше, чем в реакциях с цеолитом.

При изучении каменного материала и растворенного вещества на «выходе» зафиксированы новообразованные минералы. Этот факт заслуживает специального изучения и, видимо, в дальнейшем представит интерес для расшифровки многих еще не изученных химических и биохимических реакций.

Все обнаруженные новообразования встречены в виде белых комковатых агрегатов, желтых клиновидных кристаллов и их сростков и светло-серых мелкокристаллических сростков среди обломочных фракций цеолита и кварца на выходе. Кроме того, были обнаружены кристаллы, которые образуются на фильтре при фильтрации водного отстоя помета, при выпаривании водного отстоя.

Под микроскопом и при рентгенографических исследованиях обнаруживается кристаллическая структура новообразований. В основном это минералы, близкие по характеристике минералам группы водных фосфатов. Они ближе всего напоминают геннаит или шертелит, которые генетически связаны с гуано. Однако есть данные и о возможности открытия новых, еще неизвестных минералов.

Выполненный комплекс исследований однозначно показывает, что высококремнистые минеральные добавки, введенные в рацион домашней птицы в виде крошки горного хрусталя, кварца и цеолитового туфа, в результате механического истирания и химических реакций в пищеварительном тракте испытывают сложные физические и химические преобразования.

Механические изменения минерального вещества выражаются в дроблении, формировании разновеликих механических фракций обломков с различной степенью их обработки («окатанности»), что видно из результатов анализов. Это, безусловно, создает предпосылки для ускорения химических реакций.

Химические преобразования минерального вещества выражаются в частичном изменении его состава на «выходе» по отношению к «входу». Часть же материала полностью растворяется в пищеварительном тракте и образует новые соединения.

В цеолитовом туфе четко фиксируются химические изменения всех обломков на «выходе» по отношению к «входу». Отмечается активный обмен ионами в системе «организм – туф». Пегасин захватывает одни элементы и теряет другие. Потерянные туфом элементы приобретаются организмом и наоборот. Нет сомнения, что обменные реакции направлены на создание оптимального солевого баланса организма. Пегасин выступает в данном случае как ионообменник.

Кварц после физико-химических преобразований в пищеводе также приобретает ионообменные свойства и выступает в качестве активного адсорбента. Эти свойства его неизвестны подавляющему большинству исследователей, а поэтому требуют разъяснения.

Работами академика И. В. Гребенщикова с сотрудниками доказано, что при действии воды или кислот на промышленные стекла (И. В. Гребенщиков работал в основном со стеклами кремнеземистыми), на их поверхности образуется пленка толщиной 20–70 Å. Пленка защищает стекло от дальнейшего его разрушения, т.е. сохраняет его. Практически этой пленке все технические стекла обязаны своим долгим существованием.

И. В. Гребенщиков показал также возможность получения «макропленок» теоретически любой толщины, если в составе стекла помимо окиси кремния находятся другие примеси, например, натрия, бора, мышьяка и т. д. Пленка на стеклах представляет собой коллоид кремнекислоты, пористой по структуре и обладающей адсорбционными свойствами. При действии растворов солей на стекло установлены обменные реакции.

В процессе полировки стекол происходит срыв полировальником пленки и переход ее в раствор. Скорость же образования новой пленки на поверхности стекла после ее срыва необыкновенно велика, измеряется сотыми долями секунды. Трение и износ ускоряют химические реакции.

Эти фундаментальные исследования И. В. Гребенщикова и его сотрудников и помогли нам разобраться в механических процессах минерального вещества в организме птицы, найти естественные аналоги, действующие в природе.

В наших опытах с кварцем (горным хрусталем) происходит следующая цепь реакций.

Кварц птица заглатывала в виде мелкого (4–5 мм) остроугольного гравия, совершенно прозрачного (горный хрусталь). При прохождении в пищевode материал измельчался, увеличивая общий объем активной поверхности, контактирующей с продуктами пищеварения, т. е. с содержимым пищеварительного тракта.

Активными компонентами пленок кремнекислоты, по современным представлениям, являются гидроксил-ионы. Обменные реакции их с солевыми растворами пищевода приводят к насыщению пленок ионами металлов. Такая пленка обнаружена нами на поверхности обломков кварца и цеолитового туфа, прошедших пищеваритель-

ный тракт птицы. По своей характеристике она сходна с пленкой, изученной И. В. Гребенщиковым на технических стеклах.

Насыщенная адсорбатами в пищеводе птицы пленка срывается механическим действием (трением) частичек каменного материала. На вновь образованной поверхности частичек немедленно (сотые доли секунды) образуется новая пленка, вступающая в хемосорбционные процессы, вновь срывается (стирается) и вновь образуется. Механическое дробление и истирание вещества, обменные реакции, следовательно, идут беспрерывно, накапливая продукты химических реакций в растворимой части шлаков. На примере изучения кварцевых частичек, таким образом, мы наблюдаем всего лишь результаты промежуточных реакций, выраженные в виде тончайшей пленки кремнекислоты с адсорбатами. Внешне это выражается в виде помутнения поверхности обломков кварца (особенно четко заметно при сравнении обломков горного хрусталя на «входе» и «выходе»).

Активность происходящих реакций огромна. В нашем случае на примере изучения горного хрусталя уже было показано, что всего лишь в 130 г воздушно сухого помета обнаружено 9,28 г новообразованного минерального вещества, где количество кремнезема, т.е. основы кремнекислой пленки, составило всего лишь 0,18 г. Остальной материал, составляющий 9,10 г, состоит из соединений фосфора, калия, кальция и т.д.

12.3.2. Результаты балансовых опытов

Согласно поставленным задачам была изучена переваримость и усвояемость питательных веществ, а также использование энергии (табл. 56). Так, переваримость азота во 2-й группе, которой скармливали горный хрусталь, и в 4-й,

Таблица 56

Результаты балансового опыта, %

Показатель	Группа			
	контроль- ная	1-я (горный хрусталь)	2-я (пегасин)	3-я (кварц)
Коэффициент переваримости азота	86,97±0,11	89,55±0,26	88,9±0,24	89,51±0,26
Коэффициент усвояемости азота	45,2±0,72	47,48±0,32	49,0±0,47	48,8±0,26
Переваримость жира	46,4±5,9	56,3±1,09	66,3±1,33	67,7±2,37
Переваримость клетчатки	16,7±4,7	25,0±12,1	71,8±9,5	45,4±15,9
Использование энергии	65,8±0,77	71,2±2,51	71,33±1,78	69,5±2,61
Переваримость БЭВ	75,86±2,02	77,9±1,4	78,7±2,43	77,3±2,5

где давали кварц, была достоверно выше, чем в контрольной группе. В опытных группах была выше и усвояемость азота. В контроле этот показатель находился на уровне 45,2%, а в группе кур, где скармливали цеолит, коэффициент усвояемости азота был достоверно выше на 3,8%. Скармливание горного хрусталя и кварца также повышало усвояемость по отношению к контролю, но величина усвоения была ниже по сравнению с группой птицы, получавшей цеолит. Необходимо отметить высокую переваримость жира при включении в рационы минеральных добавок: горного хрусталя, цеолита и кварца. Переваримость жира в контрольной группе составила 46,4%. Куры, получавшие горный хрусталь, на 10% лучше переваривали жир, у птицы 3-й и 4-й групп, которой скармливали цеолитовый туф и кварц, этот показатель был ещё выше, – соответственно на 66,3 и 67,7%. Аналогичная закономерность наблюдалась и по перевариваемости клетчатки. В контрольной группе этот показатель был значительно ниже.

Важным показателем при изучении обменных процессов в организме является использование энергии. В результате проведенных исследований установлено, что при включении в рационы птицы изучаемых добавок использование энергии корма повышается на 4–5 %.

Скармливание курам-несушкам кремниевых добавок оказывает влияние на влажность выделяемого помета. Если в контрольной группе количество первоначальной влаги составляло 81,6%, то в группе кур, получавших горный хрусталь, показатель снижался до 72, цеолит – 73,2 и кварц – 72,7%. По-видимому, эти добавки регулируют водный обмен в организме кур.

Для дальнейшего изложения материала воспользуемся результатами ранее проведенных нами балансовых опытов, где были учтены следующие показатели: яйценоскость, живая масса кур в начале и в конце опытов, средняя масса яиц, расход корма и сохранность птицы. Опыты, как уже отмечалось, продолжались 6 месяцев. Экспериментами было установлено, что включение в рацион в качестве кварцевого наполнителя оказывает положительное влияние на продуктивные показатели опытной птицы (табл. 57).

Таблица 57

Продуктивные показатели кур контрольной и опытной групп

Показатель	Группа	
	контроль- ная	опыт- ная
Получено яиц на курицу-несушку, шт.	106,5	115,3
Интенсивность яйценоскости, за опытный период, %	60	64
Средняя масса одного яйца, г	60,7	60,8
Затраты корма на 10 шт. яиц, кг	1,86	1,73
Живая масса кур, г		
до опыта	1670	1660
после опыта	1709	1761
Прирост живой массы, г	39	101

Яйценоскость кур опытной группы была на 8,8 шт. выше, чем в контрольной группе. На производство 10 шт. яиц опытная птица расходовала 1,73 кг корма, контрольная – 1,86, т.е. куры, не получавшие кремниевую добавку, на 10 яиц затрачивали на 130 г корма больше. У опытной птицы был выше прирост живой массы. По сохранности существенных различий не установлено.

При изучении любых добавок особое внимание уделяется качеству продукции. Нами изучен биохимический состав яиц (табл. 58).

Таблица 58

Химический состав яиц, %

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Первоначальная влага	69,29	67,33
Жир	8,81	7,39
Белок	16,83	16,82
Обезжиренные остатки	68,98	74,31
Зола	23,09	30,72

Полученные данные показывают, что скармливание птице кремниевой добавки не оказывает существенно-го влияния на первоначальную влагу, количество жира и белка, содержащегося в яйце. Однако в яйце опытной группы значительно выше было содержание обезжиренного остатка и золы.

Проведенные исследования не выявили существенных различий по составу крови кур контрольной и опытных групп (табл. 59). Однако в крови кур опытной группы было больше каротина, кальция и азота, что свидетельствует о более высоком обмене в организме кур опытной группы этих соединений.

Для выяснения обмена веществ у птицы были проведены балансовые опыты, которыми установлено, что включение кремниевой добавки в рацион кур-несушек

способствует повышению переваримости органического вещества, БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), жира (табл. 60).

Таблица 59

Гематологические показатели кур

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Гемоглобин, г%	10,56	10,8
Сахар, мг%	169	158
Липиды, мг%	304	309
Холестерин, мг%	120	112
Каротин, мг%	0,132	0,184
Кальций, мг%	21,1	23,4
Фосфор, мг%	6,39	6,76
Железо, мкг	180	179
Мочевина, мг%	16,1	18,2
Хлор, мг%	324	333
Азот общий, мг%	818	857
Азот белковый, мг%	796	819
Азот остаточный, мг%	22,1	25,9

Таблица 60

**Результаты балансового опыта при скармливании
кварцевого песка**

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Коэффициент переваримости органического вещества	65,5	76,3
азота	89,4	90,6
жира	65,6	74,2
БЭВ	69,9	79,4
Усвояемость азота, %	31,8	36,2
Использование энергии, %	71,5	77,5
Содержание обменной энергии, кДж/100 г корма	1136,7	1232,6

Необходимо также отметить, что в контрольной группе куры хуже переваривали органическое вещество – на 10 %, жир – на 8,6, БЭВ – на 10 %, чем в опытной. Опытная птица лучше усваивала азот и более эффективно использовала энергию.

Включение в рацион кур высококремнистой минеральной добавки в виде кварцевого песка повысило на 8,8 шт. яйценоскость и снизило на 0,13 кг на 10 яиц затраты корма. Снижение затрат кормов на продукцию опытными курами обусловлено более интенсивными обменными процессами, протекающими в организме птицы при получении минеральной добавки.

Скармливание курам различных кремниевых добавок оказывает существенное влияние на содержание влаги в помете. Если в контрольной группе первоначальной влаги было 81,6%, то в помете кур, получавших высококремнистые минералы, этот показатель снизился до 72–73%.

Высококремнистые добавки в рацион птицы способствовали и лучшей конверсии в продукцию некоторых химических элементов, например, магния, что видно из данных химического состава яиц (табл. 61).

Трансформация магния в яйцо у опытных кур значительно выше (в 1,5–2,0 раза), чем у контрольных. Важно отметить также, что в яйце не обнаружены соединения кремния, алюминия, титана, очень низкое содержание марганца и серы. Количество соединений фосфора, кальция, калия, натрия, железа в яйце кур контрольной и опытной групп одинаково.

До настоящего времени принято считать, что назначение высококремнистого каменного материала, используемого птицей – перетирание пищи.

Наши опыты, не отвергая этого представления, приводят к выводу, что действие каменного материала в организме птицы много разнообразнее. Оно направлено, прежде всего, на сбалансирование (регуляцию) солевого состава организма. Перетирание же пищи – это всего лишь один из элементов, способствующих достижению эффекта регуляции.

Химический состав яиц

Показатель	Группа			
	Контрольная	1-я (горный хрусталь)	2-я (цеолит)	3-я (кварц)
SiO ₂	н/о	н/о	н/о	н/о
Al ₂ O ₃	н/о	н/о	н/о	н/о
TiO ₂	н/о	н/о	н/о	н/о
FeO Fe ₂ O ₃	0,25	0,20	0,31	0,28
P ₂ O ₅	4,33	4,17	3,89	4,25
MnO	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
CaO	50,9	50,8	50,1	49,7
MgO	0,76	1,22	1,91	1,91
Na ₂ O	1,75	1,35	1,42	1,75
K ₂ O	1,33	1,26	1,39	1,45
S	0,07	0,08	0,07	0,10

Любая пища, какой бы она не была, не может быть идеально сбалансированной для ее потребителя одновременно по всем показателям жизненных потребностей – по питательности, калорийности, минеральному составу. Известно, например, что один и тот же вид растения не может быть одинаковым по всем показателям его пищевой ценности, если он произрастает в различных ландшафтах. Более того, один и тот же вид, произрастающий в единых географических условиях, но на разном субстрате или в различных геоморфологических условиях, по химическому составу будет не одинаковым. И даже плод, выращенный на одном и том же дереве, в разные годы имеет отличительные характеристики.

Вместе с тем хорошо известно, что любой животный организм (птица не исключение) для своего нормального развития требует не только определенного количества минеральных соединений, но и строгого (или очень узкого интервала колебаний) соотношения различных минеральных веществ, поступающих с пищей. Но эти со-

отношения могут быть несколько различными на разных стадиях развития организма.

Литофагия особенно ярко проявляется у травоядных животных. Питаясь растительностью, которая обычно бедна натрием и богата калием, животное время от времени обращается к минеральным комплексам, относительно богатым натрием и бедным калием, с помощью которых оно регулирует солевой баланс своего организма. Наблюдения показали, что животные при этом используют ионообменные свойства каменного материала. Удалось установить, что животное обращается для этой цели к цеолитовым туфам, монтмориллонитам, опалитам и многим другим минеральным ассоциациям, обладающим хорошими сорбционными свойствами.

В наших экспериментах в кормосмеси птицы преобладали составные растительного происхождения (пшеница, ячмень, шрот подсолнечниковый). Это значит, что в ее минеральном составе среди щелочных элементов преобладает калий. Введение в рацион минеральных подкормок пегасина и кварца в виде крошки, как видно из анализов, обеспечило вывод избыточного калия из организма птицы, возникавшего в процессе пищеварения. Фосфор поступал в организм не только с пищей, но и в виде искусственно введенного трикальцийфосфата. Исследования показывают, что в таком количестве он явно избыточен. И пегасин, и кварц захватывали этот элемент в очень больших количествах, переводя его в шлак, а вот кальция птице явно не хватало, хотя кальций вводился в кормосмесь в виде ракушки. Значительная часть кальция, судя по опытам, была потеряна пегасином на пути «вход – выход». И это легко объяснимо, если учесть, что большие количества его, кроме всего прочего, птице нужны для построения скорлупы яйца. Мы уже отмеча-

ли, что и все другие проанализированные элементы находятся в обменном движении, что хорошо высчитывается из коэффициентов обмена.

Пегасин, как говорилось в начале работы, состоит из смеси цеолита (клиноптилолита) и монтмориллонита. Оба эти минералы обладают мощными адсорбционными свойствами, легко вступают в обменные реакции с организмом, регулируя его и солевой, и газовый режимы. Эти свойства пегасина можно использовать в практике птицеводства для определения сбалансированности химических элементов в приготовляемых птице кормосмесях. Периодическое сопоставление химического состава цеолита на «входе» и «выходе» даст ответ на вопрос: какие элементы являются для птицы избыточными и каких недостает. По-видимому, изменением соотношения составных кормосмеси и добавлением недостающих элементов (практически это могут быть только малые элементы) можно сбалансировать рацион питания домашней птицы по содержанию минеральных компонентов.

По материалам изучения кварца на «входе» и «выходе» можно сделать заключение, что кремний является необходимой составной частью минеральных подкормок птицы. Чистый кварц не вводит в организм птицы каких-либо дополнительных химических элементов, за исключением кремнезема. Однако в процессе механохимических реакций на поверхности частичек кварца формируется гидроксилизированная пленка от 0,3 до 10 нм, захватывающая все избыточные для организма химические элементы и их соединения. Таким образом регулируется соотношение минеральных компонентов, поступивших в организм с пищей. Следовательно, если с пищей птица получает все необходимые ей минеральные компоненты, то кварц выполняет роль регулятора.

Энергетические затраты, связанные с обменными реакциями, в этом случае, конечно, будут значительно меньше, чем в реакциях с цеолитом. Можно полагать, что еще более «мягкими» адсорбентами будут аморфные разновидности кремнезема – минерал группы диатомита опал, поскольку по своей структуре они близки к структуре химически активной пленки кремниевой кислоты, возникающей на поверхности кварца в результате его механохимических преобразований в организме.

Нам удалось ознакомиться с содержимым желудков некоторых диких птиц, где было установлено резкое преобладание обломков кварца и кремней в составе каменного материала, потребленного птицей, хотя в местах их обитания широко распространены разнообразные минеральные комплексы. По-видимому, птица инстинктивно дозирует количество и качество каменного материала, обеспечивающего оптимальный процесс регуляции солевого режима организма при наименьших энергетических затратах [21].

Эксперименты однозначно показали, что включение в рацион птицы высококремнистых добавок способствует повышению продуктивности, снижению затрат кормов на производство продукции за счет лучшей переваримости и усвояемости питательных веществ. Такие добавки в организме птицы выполняют несколько функций. Во-первых, механическую. Находясь в мышечном желудке, они, как жернова, перетирают пищу, измельчают ее, в результате чего она становится более доступной пищеварительным ферментам. Во-вторых, находясь внутри пищевых масс, минеральные добавки увеличивают их объем, а вместе с этим и время прохождения по желудку. Кроме того, при прохождении по кишечнику минеральные добавки, по-видимому, раздражают рецепторы слизистых оболочек, в результате чего выделяется больше пищеварительных соков, ферментов, которые

способствуют лучшему перевариванию и усвояемости питательных веществ корма.

В результате ионного обмена улучшается вывод из организма ненужных ему соединений и «шлаков». Так, при связывании калия и натрия птица меньше потребляет воды, что приводит к снижению влажности помета. В результате меньше тратится энергии на ее вывод из организма.

Одна из важных функций, которые выполняют кремниевые добавки в организме птицы, – способность их оказывать положительное влияние на конверсию некоторых минеральных соединений, что хорошо прослеживается по магнию. Возможно, когда в организме связываются ненужные, избыточные для организма соединения, повышается активность ферментов и магний лучше усваивается и трансформируется в яйцо для построения скорлупы. Повышение содержания магния в скорлупе яйца способствует улучшению ее прочности а это имеет большое практическое значение, поскольку снижается бой и насечка яиц.

Некоторые минеральные высококремнистые добавки содержат комплекс соединений, которые, проходя по пищеварительному тракту, выступают в роли доноров ряда элементов для организма. Поэтому добавку цеолита, например, можно рассматривать как источник некоторых недостающих ему элементов.

За последние годы большое внимание уделяется использованию в минеральных подкормках животных и птиц цеолитов. При этом отмечалось, что наряду с ионообменными, они обладают и сорбционными свойствами. Нами подтверждена эта гипотеза и установлено, что цеолит выносит из организма CO_2 , H_2 , CH_4 , CO , NH_3 . При переваривании пищи образуются газы, которые отрицательно влияют на обменные процессы. Цеолит их сорбирует. Так, куры выносят с помощью цеолита 6,8 г/кг

углекислого газа, 0,3 – водорода, 0,6 – метана, 2,4 – окиси углерода, 6,8 г/кг аммиака. При потреблении 6 г/гол. цеолита курами-несушками, содержащимися в стандартном птичнике вместимостью 34 тыс. голов, будет выведено в связанном состоянии: CO_2 – 1387 г, CH_4 – 122, CO – 489, NH_3 – 1387 г. Это обеспечит значительное улучшение атмосферы в птичнике.

Многие птицеводы высказывают опасение, что цеолиты могут (поскольку они обладают мощными сорбционными свойствами) выносить из организма питательные вещества и витамины. Такие опасения напрасны. Дело в том, что размер пор (каналов) клиноптилолита и гейландита находится в пределах $4 \text{ \AA}$, а размер молекул витаминов – $15\text{--}20 \text{ \AA}$, глюкозы – 7, белков – $1600 \text{ \AA}$. Поэтому вывод из организма питательных веществ с помощью цеолитов исключен. Рабочим органом цеолитов является их поверхность – активный ионообменник. В цеолите внутренние поры выполняют роль сорбентов только газов и влаги.

Интересен обнаруженный нами механизм действия кварца. При прохождении по пищеварительному тракту, как уже говорилось, на поверхности кварцевых частичек образуется гидроксилизированная пленка, которая выводит из организма избыточные химические соединения. По-видимому, она выполняет и другие функции, возможно даже бактерицидные. Как известно, патогенная микрофлора развивается в щелочной среде, пленка же кварца по своей природе должна быть кислой, т.е. способствующей уничтожению патогенной микрофлоры. Но эта гипотеза требует проверки. Пленка кварца является более сильным ионообменником, чем цеолит. Если до настоящего времени считается, что введение кварцевой, гранитной и другой крошки в рацион птицы необходимо только для механического перетирания пищи, то полученные нами

результаты показывают, что функции высококремнистых минеральных комплексов много шире и разнообразнее.

Итак, сделан первый шаг в изучении механизма действия кремнистых минеральных добавок. В дальнейшем необходимо проведение исследований в широком плане. Требуется изучить влияние различных минеральных добавок на птицу в зависимости от её возраста, продуктивности, физиологического состояния и т.д. Нужны эксперименты и по изучению поведенческих реакций диких животных, птиц по отношению к различным минеральным комплексам для выработки научно обоснованных минеральных подкормок в домашнем хозяйстве. Это возможно только совместными усилиями естествоиспытателей различного профиля. Положительные результаты необходимо внедрять в сельскохозяйственную отрасль.

Полученные же нами результаты исследований уже сейчас могут быть использованы в практике птицеводства. Есть все основания утверждать, что этими исследованиями установлен механизм действия высококремнистых природных минеральных комплексов на организм сельскохозяйственной птицы и выявлена перспективность использования их для повышения продуктивности, улучшения качества продукции при значительном снижении затрат кормов на производство яиц и мяса птицы.

12.4. Определение потребности сельскохозяйственной птицы в высококремнистых добавках при свободном доступе к минералам

Одна из первоочередных задач исследования – выявить, нуждается ли птица в дополнительном использовании минеральных элементов (помимо рекомендуемой в составе рациона смеси минеральных веществ) и каковы объемы поедаемости этих минералов.

В связи с этим были проведены научно-хозяйственные опыты на племенных курах-несушках яичного направления. Птица контрольной группы получала полнорационный комбикорм, сбалансированный в соответствии с нормами ВНИТИП, а опытной группе птиц вводили ионит кремния методом свободного выбора.

Для этого клетку КБР оборудовали отдельной кормушкой для каждого минерала, всего было установлено 6 кормушек для минералов 6 месторождений: Пегасского, Болотнинского, Шибковского, Кинтерепского, Борокского и Татарского. Минералы предварительно размалывали до величины частиц не более 2 мм, затем раскладывали в отдельные кормушки. Птица свободно могла подходить к любой кормушке и поедать тот минерал, который ей нравился.

Рекомендуемая ВНИТИП концентрация обменной энергии в рационах племенных кур-несушек 1,130 МДж (270 ккал) в нашем опыте выдержана. В 100 г комбикорма имелось 1,132 МДж обменной энергии, уровень сырого протеина составлял 17,2% при норме 17%, уровень сырой клетчатки в 100 г комбикорма – 5,5%, что соответствует норме ВНИТИП.

Птица занимает особое положение среди животных по потребности в минеральных веществах, необходимых для построения скорлупы яиц и скелета. Академики Россельхозакадемии В. И. Фисинин, А. П. Калашников, Н. И. Клейменов, В. Н. Баканов и др. (1993) рекомендуют племенной птице скармливать комбикорма с содержанием на 100 г: кальция – 3,1 г, фосфора – 0,7 и натрия – 0,3 г. В нашем опыте эти показатели составили 3,15; 0,77 и 0,37 г соответственно.

Контролируемые опыты показали, что наибольшее предпочтение куры-несушки отдавали иониту кремния Болотнинского месторождения, затем Пегасского, Борокского и Кинтерепского.

В сутки куры потребляли 2,87 г/гол. в сумме всех ионитов (табл. 62). На долю болотнинского ионита из всего количества приходилось 32,4%, пегасского – 22,5, а борокского, кинтерепского и шибковского – почти в 2 раза меньше. Наиболее низкий объем потребления пришелся на кремнистый минерал Татарского месторождения Новосибирской области (1,23 %).

Таблица 62

**Потребление минералов кремния племенной птицы
за опытный период**

Кудюрит	Потреблено			От общей массы, %
	за 6 мес, кг	на 1 гол. за опыт, г	г/гол. в сутки	
Пегасский	8,380	116,38	0,64	22,50
Болотнинский	12,060	167,50	0,93	32,40
Шибковский	4,390	60,97	0,34	11,78
Кинтерепский	5,420	75,27	0,42	14,55
Борокский	6,530	90,70	0,50	17,54
Татарский	0,460	6,38	0,03	1,23
Итого	37,240	517,2	2,87	100

Во втором опыте мы провели сравнительное изучение влияния разных природных минералов на продуктивные показатели племенной птицы (также при свободном доступе к добавкам). Для этого по принципу аналогов подобрали несколько групп 130-дневных кур: 1-я (контроль) – основной рацион (ОР); 2-я (опытная) – ОР + кинтерепский; 3-я (опытная) – ОР + пегасский; 4-я (опытная) – ОР; 5-я (опытная) – ОР + борокский; 6-я (опытная) – ОР + болотнинский ионит.

Куры всех групп получали рацион, сбалансированный в соответствии с нормами. Каждая опытная – дополнительно один из изучаемых минералов в отдельную кормушку, которые были смонтированы на дверцах клетки. Птица имела свободный доступ к потреблению добавки. Опыт продолжался 6 месяцев.

Результаты исследований позволили установить, что не все иониты кремния оказали положительное влияние на продуктивные показатели птицы (табл. 63).

Таблица 63

Сравнительные показатели продуктивности и сохранности

Показатель	Группа					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
Валовой сбор яиц, шт.	6226	6165	6179	6269	7569	7192
Яйценоскость на курицу-несушку, шт.	102,06	97,86	92,92	99,51	114,68	109,8
Количество потребленных минералов, г/гол. в сутки	–	1,75	2,45	3,19	5,55	3,0
Сохранность, %	69,4	75,0	84,7	70,0		81,9

Наиболее высокая яйценоскость на среднюю несушку (114,7 шт.) имела место у кур 5-й группы, получавших кудюрит Борокского месторождения, а минимальная – при поедании пегасского цеолита. Высокий показатель яйценоскости зарегистрирован и в 6-й группе птиц, получавших минерал Болотнинского месторождения (109,8 шт.).

Вместе с тем нельзя не отметить еще один важный показатель – сохранность поголовья. Она была выше во всех опытных группах, а наиболее высокая (на 15,3 % от контроля) – в группе птиц, получавших пегасский цеолит.

Результаты исследований показали, что наибольший объем потребленных минералов пришелся на кудюрит Борокского месторождения – 69 кг за опытный период, или 5,55 г/гол. в сутки, затем идет шибковский – 36,21 кг, или 3,19 г/гол. в сутки, и болотнинский – 35,6 кг, или 3,0 г/гол. в сутки.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о том, что преимущество по изучаемым показателям было за птицей 5-й группы, получавшей в качестве минеральной добавки минерал Борокского месторождения. При этом затраты корма на производство 10 яиц

составили 2,22 кг, тогда как в контроле 2,62. Несколько уступает борокскому болотнинский, где затраты корма на производство продукции были ниже на 11,1%, чем в контроле.

Таблица 64

Затраты корма на производство продукции, кг

Группа	Потреблено корма за опытный период	Затраты корма		
		на 10 шт. яиц	на 1 кг яйцемассы	% к контролю
1-я	1634,7	2,62	4,5	100
2-я	1653,7	2,68	4,43	102,3
3-я	1676,7	2,71	4,53	103,4
4-я	1670,8	2,66	4,40	101,5
5-я	1680,5	2,22	3,46	84,7
6-я	1677,7	2,33	3,95	88,9

Однако, как видно из табл. 64, не все высококремнистые минералы оказали положительное влияние на экономию кормов. В группах, получавших кинтерепский, пегасский и шибковский минералы, показатель был хуже контрольного на 1,5–3,4%. Качество яиц определяется многими признаками и измеряется рядом показателей. По качеству яиц можно судить о нарушениях физиологического состояния кур и его нормализации (табл. 65).

Таблица 65

Качество яиц кур при свободном скармливании кремнистых минералов

Показатель	Группа					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
Средняя масса яиц, г	57,4	60,5	59,9	60,5	60,9	59,0
Индекс формы, %	75,6±0,3	75,7±0,3	75,1±0,2	75,3±0,3	74,9±0,3	75,9±0,2
Упругая деформация, мкм	25,1±0,1	25,0±0,2	25,3±0,1	25,0±0,1	25,4±0,2	25,4±0,2
Бой, насечка яиц, %	24	10,4	14,2	19,1	11,2	14,3

Включение в рацион кур-несушек минералов кремния территориальных зон оказало положительное влияние на среднюю массу яиц. Этот показатель в опытных группах превышал контроль на 2,8–6,1 %. Следует отметить, что на такие показатели, как индекс формы, упругая деформация яйца, кудюриты не оказали отрицательного влияния. Как в контроле, так и в опытных группах результаты примерно были на одном уровне. Вместе с тем включение в рацион природных высококремнистых добавок способствовало улучшению качества яиц: бой, насечка, микронасечка скорлупы снизились на 4,9–13,6 % во всех опытных группах по сравнению с контролем. При этом наиболее высокий качественный показатель яиц был зафиксирован в группе кур-несушек, получавших кудюрит Шибковского месторождения.

Изучение продуктивных качеств птицы при включении в рационы кудюритов имеет огромное значение для разработки научно обоснованных методов кормления и содержания птицы, улучшения их инкубационных качеств и рентабельности птицеводческих хозяйств.

Известно, что от качества инкубационных яиц зависит уровень таких важнейших показателей, как вывод молодняка, его жизнеспособность и в целом продуктивность птицы.

Куры-несушки, в рацион которых вводили кинтерепский и борокский кудюриты, имели несколько более высокие показатели по оплодотворенности, выводимости яиц, выводу молодняка по сравнению с другими группами птицы (рис. 7). Таким образом, из вышеизложенного следует, что все кудюриты, попадая в пищеварительный тракт, по-разному воздействуют на качество продукции и результаты инкубации.

Наиболее полную характеристику испытаниям любых добавок дает экономическая эффективность их применения.

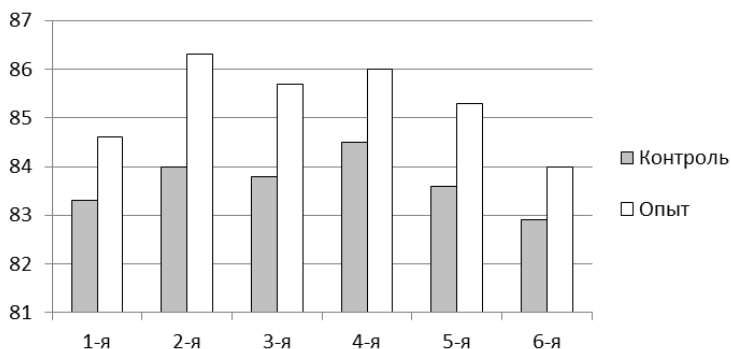


Рис. 7. Результаты инкубации яиц подопытных групп птицы

Достаточно убедительными оказались и экономические показатели, рассчитанные нами по завершении опытов. Так, куры-несушки, получавшие и в рационе высококремнистую добавку Кинтерепского, Пегасского и Борокского месторождений, дали яйцепродукцию более дешевую: расчетная себестоимость 1000 яиц в этих группах оказалась ниже соответственно на 9,3; 19,0 и 15,4%, а прибыль выше на 22,7; 53,5 и 39,7%, при этом рентабельность возрастала.

В третьем опыте исследовали влияние на продуктивность птиц природных минералов в составе комбикормов. Как и в предыдущем опыте, исследования были проведены на 130-дневном ремонтном молодняке, распределенном на 4 группы: 1-я (контрольная) – основной рацион (ОР); 2-я (опытная) – 95 % ОР + 5 % кинтерепский ионит; 3-я (опытная) – 95 % ОР + 5 % борокский; 4-я (опытная) – 95 % ОР + 5 % клитенский. Минералы перед скармливанием измельчали до частиц диаметром 2–3 мм и вводили в комбикорм. Куры всех подопытных групп получали рацион, сбалансированный в соответствии с нормами. Опыт продолжался 6 месяцев.

Научно-хозяйственным опытом не выявлено отрицательного влияния скармливания кудюритов на продук-

тивность птицы. Максимальная яйценоскость – 151,2 шт. отмечена в 5-й группе кур, получавших клитенский кудюрит. По сравнению с контролем в этой группе было получено почти на 6,6% больше яиц. Достоверных различий по живой массе кур установлено не было. Эта величина была в пределах 1640–1700 г.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на увеличение производства продукции, являются корма. Полученные данные свидетельствуют о том, что введение в рационы птицы высококремнистых природных комплексов способствует снижению затрат кормов на производство единицы продукции (табл. 66).

Таблица 66

**Экономическая эффективность при скормлинии кудюритов
в рационе племенной птицы**

Показатель	Группа					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
Себестоимость 1000 шт. яиц, руб.	63,70	57,79	51,6	64,70	53,90	67,20
Прибыль на 1 курицу-несушку, руб.	6,24	7,66	9,58	6,20	8,72	5,74
Уровень рентабельности, %	103,8	124,8	151,6	100,8	141,1	93,20

Наиболее низкие затраты кормов на производство 10 яиц наблюдались также в 5-й группе, где куры получали в рационе кудюрит Клитенского месторождения. В этой группе на производство каждого яйца расходовалось корма на 15 г меньше по сравнению с контролем (табл. 67).

Таблица 67

Затраты корма

Группа	Кудюрит	Потреблено, кг		Затраты корма на 10 шт. яиц, кг		
		комби-корма	минералов	всего	в т. ч. комбикорма	минералов, г
1	—	1067	—	1,43	1,43	-
2	Киптерепский	991	52	1,42	1,35	70,9
3	Борокский	992	52	1,39	1,32	69,3
4	Клитенский	1001	53	1,35	1,28	68,0

Положительные результаты были получены также во 2-й и 3-й группах кур, получавших кинтерепский и борокский кудюриты. Экономия корма в расчете на одно яйцо составила соответственно 8 и 11 г по отношению к контролю.

При испытании новых подкормок особое внимание уделяется сохранению птицы. Проведенные исследования убедительно показывают, что скармливание минеральных подкормок – кудюритов не оказывает отрицательного влияния на жизнеспособность кур, а наоборот, повышает этот показатель.

Так, наиболее высокая сохранность (98,1 %) племенных кур была в 3-й группе, где вводили в рационы кудюрит Борокского месторождения. Несколько ниже этот показатель во 2-й (94,4 %) и 4-й (92,6 %) группах кур, где птица потребляла кудюрит Кинтерепского и Клитенского месторождений, но он все равно был выше контроля (90,8 %).

При производстве птицеводческой продукции особое внимание обращается на ее качественные показатели. Для этого нами были проведены морфологические исследования яиц (табл. 68).

Таблица 68

Морфологические показатели яиц

Группа	Кудюрит	Масса, г				Толщина скорлупы, мкм
		яйца	желтка	белка	скорлупы	
1-я	—	59,2±2,2	20,8±0,6	34,8±1,8	6,5±0,2	377±7,6
2-я	Кинтерепский	60,6±0,7	19,6±0,8	34,8±1,1	6,1±0,19	367±7,2
3-я	Борокский	60,8±1,2	18,7±0,3	35,5±0,8	6,5±0,19	388±9,1
4-я	Клитенский	60,2±1,0	19,5±1,0	34,7±0,5	5,7±0,2	376±11

Из табл. 68 следует, что существенных различий по качеству яиц между опытными группами не установлено, вместе с тем при скармливании некоторых минералов наблюдается повышение толщины скорлупы и снижение боя яиц в сравнении с контролем.

Инкубация яиц – главная предпосылка для организации их производства на промышленной основе и снабжения населения продуктами птицеводства. На качество яиц оказывает влияние целый комплекс факторов: наследственность, возраст, состояние здоровья птицы, уровень кормления, ветеринарно-санитарные условия содержания. Эмбриональная жизнеспособность птицы характеризуется выводимостью яиц, которую определяют количеством выведенного молодняка в процентах от всех оплодотворенных яиц.

Минеральные подкормки способствуют повышению результатов инкубации куриных яиц и соответственно вывода цыплят. Количество неоплодотворенных яиц в контрольной группе составило 3,7%, а в опытных группах, где птица потребляла кудюриты в составе рациона, на 1,6–2,4% меньше. Вывод цыплят в опытных группах был выше на 0,8–1,7% по сравнению с контролем. Наилучший показатель вывода цыплят (82,7 и 82,9%) был в группе, где птица потребляла кудюрит Борокского и Кинтерепского месторождений.

В современном промышленном птицеводстве особое внимание уделяется себестоимости и рентабельности продукции. Нами были проведены расчеты (табл. 69)

Таблица 69

Экономическая эффективность скормливания курам-несушкам кудюритов в составе комбикорма

Показатели	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Продолжительность опыта, дней	180	180	180	180
Сохранность птицы, %	90,8	94,4	98,1	92,6
Валовой сбор яиц, шт.	8451,89	8646,78	8960	9238,3
Яйценоскость, шт.	141,1	139,6	140	151,2
Интенсивность яйцекладки, %	75,4	74,5	76,2	79,2
Валовой расход кормов, кг	1067	1043	1044	1054
Расход кормов без минералов, кг	1067	991	992	101,1
Расход минерала, кг	—	52	52	53
Общий экономический эффект, руб.	—	12,33	34,62	53,21

экономической эффективности скармливания высококремнистых природных комплексов курам-несушкам.

Таким образом, использование кудюритов в составе рациона кур-несушек способствовало снижению расхода кормов, увеличению продуктивности и экономической эффективности, что позволяет повысить уровень рентабельности производства яиц.

12.5. Определение оптимальной дозы диатомита в рационе кур-несушек

Диатомиты – высококремнистые минералы органического происхождения. Это продукт диатомей – диатомовых водорослей.

Совместно с доктором сельскохозяйственных наук Н. Н. Ланцевой нами проведена серия научно-хозяйственных и физиологических опытов с целью определения норм введения диатомита в рацион кур-несушек. Объектом исследований служили племенные куры-несушки. В качестве природных минералов использовали диатомит Камышловского месторождения (Свердловская область).

Для определения оптимальных норм введения диатомита в рацион кур-несушек и проверки оптимальной дозировки были проведены два научно-хозяйственных опыта и производственная проверка.

В первом опыте определяли оптимальную норму введения диатомита в рацион кур-несушек, во втором опыте ставилась задача выявить оптимальную дозировку и в третьем – подтвердить условные закономерности, выявленные в научно-хозяйственных опытах. Продолжительность первого опыта составила 6 месяцев, второго – 12. Научно-хозяйственные опыты по скармливанию диатомита курам-несушкам проводились по схеме, представленной в табл. 70.

Таблица 70

**Схема научно-хозяйственных опытов по включению в рацион
птицы диатомита**

Группа	Количество голов	Схема кормления
<i>Первый опыт</i>		
1-я контрольная	54	100 % основной рацион (ОР)
2-я опытная	54	96 % ОР + 4 % кудюрита
3-я опытная	54	95 % ОР + 5 % кудюрита
4-я опытная	54	94 % ОР + 6 % кудюрита
<i>Второй опыт</i>		
1-я контрольная	54	100 % основной рацион (ОР)
2-я опытная	54	95 % ОР + 5 % кудюрита
<i>Третий опыт</i>		
1-я контрольная	866	100 % основной рацион (ОР)
2-я опытная	780	95 % ОР + 5 % кудюрита

Контрольная (1-я) группа во всех опытах получала достаточно сбалансированный основной рацион (ОР), а в опытных группах часть рациона заменили кудюритом (4, 5 и 6 %), который предварительно был размолот, затем тщательно перемешан в смесителе с комбикормом и после этого скармливался птице.

При исследовании яичной продуктивности не установлено достоверных различий между контрольной и опытными группами птицы (табл. 71).

Таблица 71

**Продуктивность племенной птицы при скармливании
диатомита Камышловского месторождения ($M \pm m$)**

Группа	Среднее поголовье за период, гол.	Получено яиц, шт.	Яйценоскость на среднюю несушку, шт.	Средняя масса одного яйца, г	Выход яйце-массы, г
<i>Первый опыт</i>					
1-я	49,73	6943	128,5 $\pm$ 0,71	59,4 $\pm$ 0,8	7852,68
2-я	52,92	6853	126,9 $\pm$ 0,62	59,2 $\pm$ 0,5	7583,52
3-я	52,92	7113	131,7*0,73	59,6 $\pm$ 0,5	7920,40
4-я	51,89	7167	132,7 $\pm$ 0,64	59,2 $\pm$ 0,5	8003,84
<i>Второй опыт</i>					
1-я	48,97	13719	254,05 $\pm$ 1,14	59,7 Р 2,31	15169,32
2-я	50,97	13793	255,4 $\pm$ 1,10	59,92 $\pm$ 2,26	15303,56

Добавка в кормосмесь птицы 5 и 6 % диатомита повышает валовое производство яиц с 6943 шт. в контроле до 7113 и 7167 в 3-й и 4-й группах, где птица получала 5 и 6 % диатомита в составе рациона. Яйценоскость на 1 несушку также была выше в 3-й и 4-й группах, где составила за период опыта 131,7 и 132,7 шт., а в контроле – 128,5.

Во втором опыте валовое производство яиц в опытной группе, где птица потребляла 5 % диатомита, было на 74 шт. больше, чем в контроле.

Введение в рацион кур диатомита не оказало достоверного влияния на среднюю массу одного яйца, она была примерно на одном уровне и в контрольной, и опытной группах (от 59,2 до 59,9 г).

Скармливание птице диатомита способствовало значительному увеличению яичной массы. Выход яйцемассы в 3-й и 4-й опытных группах был выше по сравнению с контролем.

Одним из важных показателей в птицеводстве является сохранность птицы. Ряд авторов, проводя исследования по включению высококремнистых добавок в рацион кур, пришли к заключению, что эти добавки снизили смертность, улучшили жизнеспособность кур [52–53, 113–144].

Проведенные нами исследования убедительно показали, что скармливание минеральной высококремнистой подкормки – диатомита способствовало повышению сохранности птицы.

В опытных группах этот показатель увеличивался на 0,4–5,9 % по сравнению с контролем. Самый высокий показатель сохранности во всех опытах был в группах, где птица потребляла 5 % диатомита.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что использование диатомита обеспечивает экономию корма. Так, во всех опытах она составляла от 3 до 8 г в расчете на одно яйцо (табл. 72).

Таблица 72

**Потребление и затраты корма на производство птицеводческой
продукции при включении в рацион диатомита**

Группа	Потреблено, кг			Затраты корма на 10 шт. яиц, кг			Экономия кор- ма на 1 яйцо по отношению к контролю, г
	кормосмесь	комбикорм	диатомит	кормосмесь	комбикорм	диатомит	
Первый опыт							
1-я	1009,1	1009,1	—	1,45	1,45	—	—
2-я	1025,8	974,5	51,3	1,49	1,42	0,074	3,0
3-я	1026,9	975,6	51,3	1,44	1,37	0,072	8,0
4-я	1039,1	987,2	51,9	1,44	1,37	0,072	8,0
Второй опыт							
1-я	1838,8	1838,8	—	1,34	1,34	—	—
2-я	1838,2	1746,3	91,9	1,33	1,26	0,066	8,0

Включение диатомита в первом опыте в рационы птицы не оказало достоверного влияния на живую массу кур-несушек. Однако во втором опыте в опытной группе прирост живой массы птицы был достоверно выше (табл. 73) ($P < 0,05$).

Таблица 73

Изменение живой массы подопытной птицы ($M \pm m$)

Группа	Живая масса		Прирост живой массы
	в начале опыта	в конце опыта	
Первый опыт			
1-я	1140,00± 11,40	1654,00±23,80	514,00
2-я	1142,00±11,60	1631,00±24,60	489,00
3-я	1143,00±11,80	1667,00±19,50	524,00
4-я	1145,00±11,20	1623,00±122,10	478,00
Второй опыт			
1-я	1004,25±13,77	1528,85±18,77	444,60
2-я	1087,22±17,19	1586,37±7,15*	499,15

Наиболее низкие затраты кормов на производство 10 шт. яиц наблюдалось в 3-й и 4-й группах, где куры

получали рацион с добавкой диатомита 5 и 6 % – 1,37 кг (в контроле – 1,45).

Кроме того, нами были изучены интерьерные показатели племенной птицы – относительная масса органов кур контрольной и опытной групп (табл. 74).

Таблица 74

**Относительная масса органов подопытной птицы
в исследуемых группах (M±m)**

Органы	Группа	
	1-я	2-я
Сердце	0,566±0,027	0,507±0,019
Легкие	0,500±0,028	0,553±0,017
Печень	3,125±0,360	2,963±0,393
Мышечный желудок	1,874±0,180	2,306±0,131*
Железистый желудок	0,418±0,056	0,506±0,028
Почки	0,692±0,009	0,638±0,049
Желудочно-кишечный тракт	7,291*±1,2670	3,920±0,580

Скармливание диатомита курам-несушкам способствовало достоверному увеличению относительной массы мышечного желудка ($P < 0,05$). Следует отметить одну из наиболее важных функций в пищеварении птицы – измельчение и перетирание пищи, что способствует лучшему усвоению питательных веществ корма.

Таким образом, полученные данные показывают, что введение в рацион кур 5 % диатомита способствует снижению затрат кормов на производство продукции, повышению выхода яичной массы, увеличению сохранности, положительно влияет на живую массу и развитие внутренних органов.

Наиболее полное представление о питательности кормов дает уровень их переваривания в желудочно-кишечном тракте птицы.

Коэффициент переваримости органического вещества у кур опытных групп был выше на 5,01–6,22 % по

сравнению с птицей контрольной группы. Наиболее высокий показатель (82,27) отмечен в 3-й группе, где куры получали 5% диатомита.

Коэффициент переваримости протеина у птицы опытных групп также был на 16,6–17,2% выше, жира – на 15,9, безазотистых экстрактивных веществ – на 0,2–0,78, клетчатки – на 16,4–24,0% по сравнению с контролем. Причем наиболее высоким показатель переваримости клетчатки также оказался в группе, где птица получала добавку диатомита 5% к рациону.

Необходимо отметить, что диатомит положительно влиял на усвояемость питательных веществ. Так, коэффициент усвоения азота в опытных группах был на 14,6–15,7% выше, чем в контрольной.

Полученные результаты согласуются с данными Е. Н. Хошабовой [133] и А. М. Шадрина и др. [136, 137], которые проводили опыты на яичных курах и установили, что добавка цеолита в рацион кур повышает переваримость органического вещества корма на 4–5%.

С целью изучения воздействия диатомита на качество птицеводческой продукции определяли упругую деформацию, индекс формы яйца, химический состав и провели дегустацию яиц и мяса птицы (табл. 75).

Таблица 75

Сравнительные показатели качества яиц, полученных от кур-несушек исследуемых групп (M±m)

Группа	Упругая деформация скорлупы, мкм			Толщина скорлупы, мкм	Индекс формы яиц,%	
	возраст кур, мес				возраст кур, нед	
	6	7	10		30	40
1-я	19,6±0,81	26,4±0,84	34,3±1,4	371±4,39	73,2±0,4	74,6±0,4
2-я	19,8±2,57	23,6±0,75	31,0±1,4	405±4,97***	73,3±0,4	75,7±0,3
3-я	22,6±2,18	24,3±0,90	31,0±1,0*	392±8,8*	73,3±0,4	74,4±0,5
4-я	18,0±0,83	25,3±0,73	31,3±1,7*	393±6,2*	72,7±0,5	74,9±0,6

*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001.

Одним из показателей качества яиц является прочность скорлупы. Потребление диатомита способствует достоверному увеличению толщины скорлупы яиц: если в контроле этот показатель составил 371 мкм, то в опытных группах, где птица получала диатомит, этот показатель был выше: во 2-й группе на 9,16%, в 3-й – на 5,66 и в 4-й – на 5,95% по сравнению с контролем. Разница достоверна.

Упругая деформация коррелирует с толщиной скорлупы и боем яиц. Нами были проведены исследования этого показателя в разные возрастные периоды, достоверные различия по показателю упругой деформации наблюдались в 7- и 10-месячном возрасте.

Скармливание диатомита курам-несушкам способствует снижению боя яиц. Самый низкий процент боя в разные возрастные периоды был в 3-й группе, где птица получала 5% диатомита (почти в 2 раза меньше по сравнению с контрольной группой).

Для оценки качества яиц используется и такой показатель, как единица Хау. Введение в рацион кур-несушек диатомита оказало положительное влияние на показатель единицы Хау. Если в контрольной группе этот показатель находился на уровне 75, то в опытных группах от 76 до 89 (табл. 76).

Таблица 76

Морфологические показатели яиц ($M \pm m$)

Группа	Единица Хау	Отношение массы белка к массе желтка	Масса скорлупы, г
1-я	75,00 $\pm$ 0,13	1,87 $\pm$ 0,15	6,25 $\pm$ 0,13
2-я	76,00 $\pm$ 0,16	1,70 $\pm$ 0,22	7,28 $\pm$ 0,23**
3-я	79,00 $\pm$ 0,19	1,63 $\pm$ 0,13	6,91 $\pm$ 0,21*
4-я	88,00 $\pm$ 0,21	1,74 $\pm$ 0,15	6,46 $\pm$ 0,20

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

Таким образом, скормливание диатомита способствовало достоверному увеличению толщины скорлупы, относительной массы скорлупы, что привело к значительному снижению боя племенных яиц. Наши данные согласуются с данными ряда зарубежных и отечественных исследователей, которые вводили в рацион птицы природные добавки – цеолиты.

Отрицательного влияния на химический состав, яиц полученных от кур, которым скормливали минеральную добавку диатомит, не установлено (табл. 77). Содержание сырого протеина, сырого жира и минеральных веществ в опытных группах существенно не отличалось от контроля.

Таблица 77

Химический состав яиц (натуральной влажности),%

Показатель	Первый опыт			Второй опыт	
	Группа				
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я
Сырой протеин	10,77	11,22	10,78	10,78	11,11
Сырой жир	7,95	6,51	7,66	8,35	8,65
Азот общий	1,72	1,79	1,72	1,72	1,77
Зола	7,14	5,98	6,71	6,07	6,45
Кальций	4,49	3,67	4,08	3,09	3,41
Фосфор	0,178	0,165	0,163	0,220	0,230

Не установлено достоверных различий между контрольной и опытной группами и по содержанию аминокислот в яйцах (табл. 78).

Аналогичные данные были получены и по химическому составу мяса кур: содержание протеина, жира и минеральных веществ в мясе кур опытных групп, получавших диатомит, находилось на уровне контрольной группы.

Нами также были оценены вкусовые качества яиц и мяса кур, потреблявших диатомит, методом дегустации (табл. 79, 80).

Таблица 78

**Содержание аминокислот в яйцах ($M \pm m$), %
в воздушно-сухом состоянии**

Аминокислота	Группа	
	1-я	3-я
Лизин	2,281 $\pm$ 0,800	2,212 $\pm$ 1,290
Гистидин	0,887 $\pm$ 0,800	0,843 $\pm$ 1,290
Аргинин	1,894 $\pm$ 0,460	1,976 $\pm$ 0,220
Аспарагиновая кислота	3,145 $\pm$ 0,780	3,283 $\pm$ 1,050
Треонин	1,591 $\pm$ 0,490	1,671 $\pm$ 0,870
Серин	2,25 $\pm$ 0,490	2,56 $\pm$ 1,530
Глутаминовая кислота	4,047 $\pm$ 0,890	5,136 $\pm$ 1,730
Пролин	1,255 $\pm$ 0,890	1,578 $\pm$ 1,750
Глицин	1,126 $\pm$ 0,870	1,181 $\pm$ 1,050
Аланин	1,837 $\pm$ 0,560	1,880 $\pm$ 0,110
Цистин	0,940 $\pm$ 0,560	1,350 $\pm$ 0,730
Валин	1,946 $\pm$ 1,050	2,059 $\pm$ 1,440
Метионин	0,868 $\pm$ 1,050	0,966 $\pm$ 1,650
Изолейцин	1,565 $\pm$ 0,600	1,634 $\pm$ 0,810
Лейцин	2,880 $\pm$ 0,460	2,854 $\pm$ 0,220
Тирозин	1,315 $\pm$ 0,740	1,386 $\pm$ 0,900
Фенилаланин	1,719 $\pm$ 1,030	1,736 $\pm$ 0,970

Таблица 79

**Дегустационная оценка яиц, сваренных вкрутую
(по 5-балльной шкале, $M \pm m$), баллов**

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
Аромат		
белка	4,00 $\pm$ 0,21	4,25 $\pm$ 0,12
желтка	4,00 $\pm$ 0,23	4,08 $\pm$ 0,19
Цвет		
белка	4,00 $\pm$ 0,24	4,58 $\pm$ 0,14*
желтка	3,50 $\pm$ 0,15	3,83 $\pm$ 0,24
Вкус		
белка	4,75 $\pm$ 0,13	4,75 $\pm$ 0,13
желтка	4,41 $\pm$ 0,14	4,50 $\pm$ 0,50
Общая оценка	24,66 $\pm$ 0,66	25,83 $\pm$ 0,78

* $P < 0,05$.

Таблица 80

Дегустационная оценка мяса опытной птицы ($M \pm m$), баллов

Показатели	Группа	
	1-я	2-я
Запах (аромат) (по 10-балльной шкале)	8,30 $\pm$ 0,21	8,40 $\pm$ 0,26
Вкус (по 10-балльной шкале)	8,30 $\pm$ 0,15	8,70 $\pm$ 0,15
Цвет, прозрачность (по 5-балльной шкале)	4,4 $\pm$ 0,16	4,8 $\pm$ 0,13
Консистенция (нежность, жесткость) (по 5-балльной шкале)	4,7 $\pm$ 1,50	4,8 $\pm$ 0,13

Из приведенных таблиц следует, что диатомит положительно, хотя и незначительно влияет на вкусовые качества яиц и мяса кур. Достоверно выше в опытной группе был показатель по цвету белка яиц, а все остальные существенно не отличались от контроля.

Скармливание диатомита курам-несушкам оказывало положительное воздействие на инкубационные показатели племенных яиц. Количество замерших эмбрионов было наиболее низким в 3-й и 4-й группах (0,69–0,71 %), где птица получала добавки диатомита 5–6 %.

Минимальное количество задохликов было отмечено во 2-й и 3-й группах (2,8 и 4,8 %), где куры потребляли 4 и 5 % диатомита. По выводимости яиц опытные группы превосходили контрольную на 2,4–2,9 %. Вывод цыплят также был выше в опытных группах на 2,3–2,8 % по сравнению с контрольной. Во втором опыте получены аналогичные результаты.

Включение диатомита в рационы племенных кур оказывает положительное влияние на результаты инкубации яиц. Если в контроле оплодотворяемость яиц составила 97,1 %, то в опытной группе этот показатель увеличился до 98,9 %. Вывод молодняка и выход кондиционных цыплят, полученных от кур в опытной группе, был также выше – 83,4 и 97,4 %, в то время как в контрольной группе эти показатели составили соответственно 81,8 и 96,5 %.

Таким образом, диатомит способствует повышению всех показателей инкубации яиц.

Введение диатомита в рацион птицы оказало положительное влияние на гематологические показатели (табл. 81). Так, синтез гемоглобина, эритропоэз, продукция общего белка, АТФ, содержание кальция и фосфора в крови у птицы опытной группы находились на одном уровне с контролем.

Таблица 81

Гематологические показатели крови опытной птицы

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
Гемоглобин, г/л	77,0±1,9	81,3±2,6
Эритроциты, 10 ¹² /л	1,79±0,06	1,75±0,04
Общий белок, г/л	43,400±0,001	43,400±0,002
Сахар, ммоль/л	2,40±0,15	2,88±0,10*
Каротин, мг%	0,123±0,030	0,249±0,030*
АТФ, мг%	7,38±0,41	7,24±0,24
Кальций, ммоль/л	5,00±0,13	5,18±0ДЗ
Фосфор, ммоль/л	2,62±0,14	2,75±0,11
Щелочной резерв, г/л	3,88±010	3,99±0,14

*P<0,05.

Кроме того, потребление курами-несушками добавки диатомита 5% способствовало достоверному увеличению содержания сахара и каротина в крови. Количество витамина А в крови у кур опытной группы было выше на 1,71 ммоль/л. Аналогичное превышение имело место и по витамину D. У птицы опытной группы этот показатель увеличивался на 14,8%.

По-видимому, диатомит обладает свойствами антиоксиданта и предохраняет от окисления в пищеварительном тракте птицы жирорастворимые витамины А и Е.

Экономический анализ полученных результатов основывается на изучении взаимосвязей факторов, определяющих эффективность производства, которая была

определена на заключительном этапе при производственной проверке, где были проведены расчеты экономических показателей, характеризующих эффективность использования диатомита в рационах племенной птицы. Установлено, что прибыль и рентабельность производства в опыте были выше по сравнению с контролем.

Таким образом, применение диатомита в рационах племенной птицы способствовало снижению расхода кормов, увеличению продуктивности, сохранности, что позволило повысить уровень рентабельности производства продукции племенных яиц на 13,3 %.

12.6. Влияние различного уровня кислотных и щелочных элементов в рационах высокопродуктивной птицы

Чтобы обеспечить нормальное физиологическое состояние и высокую продуктивность птицы, особое внимание обращают на реакцию золы, т.е. соотношение кислотных и щелочных элементов в составе кормов рациона, поскольку при избыточном поступлении тех или других в организме нарушается регуляция гомеостаза. В связи с этим нами были проведены исследования по включению в рацион молодняка и кур-несушек высококремнистых добавок при разном кислотно-щелочном отношении.

Научно-хозяйственные и физиологические опыты проводили на молодняке от суточного до 3-месячного возраста и курах-несушках в возрасте от 130 до 310 дней. Группы были подобраны по принципу аналогов (табл. 82).

При помощи технической серы и окиси магния регулировали соотношение кислотных и щелочных элементов, вводили в рацион их соединения, чтобы достичь нужного уровня. Опытным группам 5% комбикорма заменяли ку-дюритом, который предварительно размалывали до величины не более 2–3 мм и смешивали с комбикормом.

Таблица 82

Схема исследований по изучению влияния высококремнистых добавок при различном уровне в рационах кислотных и щелочных элементов

Группа	Количество голов	Схема кормления	Кислотно-щелочное отношение
Первый опыт			
1-я контрольная	120	100 % основной рацион (ОР)	0,8
2-я опытная	120		0,6
3-я опытная	120		0,8
4-я опытная	120		1,0
5-я опытная	120		1,2
Второй опыт			
1-я контрольная	54	100 % основной рацион (ОР)	0,5
2-я опытная	54	95 % ОР + 5 % добавок	0,3
3-я опытная	54	95 % ОР + 5 % добавок	0,7
4-я опытная	54	95 % ОР + 5 % добавок	1,0

Рецепты кормосмеси для ремонтного молодняка и кур-несушек контрольных групп соответствовали нормам. Кормосмеси обогащали витаминами, аминокислотами и микроэлементами.

В результате проведенных исследований установлено, что скормливание высококремнистой добавки при различном кислотном и щелочном отношении элементов в рационе оказывает влияние на интенсивность роста и развития цыплят (табл. 83).

Таблица 83

Динамика живой массы молодняка ($M \pm m$)

Группа	Относительный прирост живой массы, %	Возраст птицы, дней			Среднесуточный прирост, г
		суточные	30	90	
1-я	184,5	38,10 $\pm$ 0,10	323,0 $\pm$ 7,2	948,0 $\pm$ 9,5	10,11
2-я	184,5	38,10 $\pm$ 0,16	324,0 $\pm$ 5,5	947,0 $\pm$ 9,3	10,09
3-я	185,1	38,10 $\pm$ 0,17	328,0 $\pm$ 6,5	990,0 $\pm$ 8,3	10,57
4-я	184,7	38,10 $\pm$ 0,17	333,0 $\pm$ 6,1	961,0 $\pm$ 9,3	10,25
5-я	184,3	38,10 $\pm$ 0,16	325,0 $\pm$ 5,3	937,0 $\pm$ 8,1	9,98

Живая масса месячных цыплят в контрольной и опытных группах была одинаковой (323–333 г). К 3-месячному возрасту цыплята 3-й группы достигли массы 990 г, т.е. достоверно превышали массу цыплят контрольной группы ($P < 0,01$). В 4-й группе этот показатель был тоже выше (196 г), но разница недостоверна. Минимальная живая масса отмечена у молодняка 5-й группы, в рационе которого соотношение кислых элементов к щелочным составляло 1,2.

Максимальным среднесуточный прирост был в 3-й группе – 10,57 г (отношение кислых элементов к щелочным – 0,8), а в контроле – 10,11 г. По-видимому, при данном кислотно-щелочном отношении наблюдается оптимизация обменных процессов и лучшая переваримость и усвояемость питательных веществ.

Следует отметить, что скормливание минералов при различном кислотном и щелочном отношении элементов в рационе не оказало отрицательного влияния на жизнеспособность молодняка. Так, в контрольной группе данный показатель составил 91,6%, а в опытных группах 94,16; 85,5; 91,6; 91,16% соответственно. Максимальный показатель отмечен во 2-й группе, в рационе которой соотношение кислотных элементов к щелочным составило 0,6. Установлено также, что скормливание высококремнистых соединений при различном кислотном и щелочном отношении в рационе оказывает положительное влияние на продуктивные показатели кур-несушек (табл. 84), яйценоскость на среднюю несушку в опытных группах увеличилась на 5,4–13,7 г.

Максимальные показатели по средней массе одного яйца (61,7 г), выходу яйцемассы и по приросту живой массы выявлены в 4-й группе, получавшей рацион с отношением кислотных элементов к щелочным 0,7.

Таблица 84

Продуктивные показатели кур-несушек (M±m)

Показатель	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Яйценоскость на среднюю несушку, шт.	75,6	79,7	84,3	86,0
Средняя масса яйца, г	60,5±1,0	60,7±1,0	61,7±1,0	59,8±1,0
Получено яйцемассы, кг	4,573	4,837	5,201	5,142
Живая масса в конце опыта, г	1522,6	1509,0	1587,1	1525,3
Прирост живой массы, г/гол.	319,3	308,9	371,0	304,7
Сохранность, %	96,0	96,0	96,0	85,71

Как показали исследования, применение кудюритов при различном кислотно-щелочном отношении в рационе существенно влияет на затраты корма (табл. 85, 86). При использовании высококремниевых добавок его расход на 1 кг прироста снизился во всех опытных группах и составил во 2-й группе 4,02 кг, в 3-й – 4,44, в 4-й – 4,35, в 5-й – 4,32, а в контроле – 4,51 кг.

Таблица 85

Затраты корма на производство продукции при включении кудюрита в рацион молодняка при различном кислотно-щелочном отношении (первый опыт)

Показатели	Группа				
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	4,51	4,02	4,44	4,35	4,32
Затраты комбикорма без добавок на 1 кг прироста, кг	4,51	3,82	4,22	4,14	4,10
К контролю, %	100	84,70	84,70	91,79	90,90

Таблица 86

Затраты корма на производство продукции при включении кудюрита в рацион кур-несушек при различном кислотно-щелочном отношении (второй опыт)

Показатели	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Затраты корма на 10 шт. яиц с добавками, кг	2,16	1,78	1,69	1,78
Затраты корма на 10 шт. яиц без добавок, кг	2,16	1,69	1,60	1,69
К контролю без добавок, %	100	76,24	74,07	76,24
К контролю с добавками, %	100	82,40	76,24	82,40

Если в 1-й группе на 10 шт. яиц куры затрачивали 1,94 кг корма, то во 2-й меньше на 8,2 %, в 3-й – на 11,8, в 4-й – на 4,12 %.

Потребление цыплятами опытных групп кормосмесей с кудюритом при различном кислотнo-щелoчном отношении элементов в рационе (0,6–0,8) повысило отложение азота в организме на 21 %, а кальция – в 1,1–2,4 раза по сравнению с показателями контрольной группы.

Для контроля над развитием внутренних органов нами был проведен убой и анатомическая разделка тушек ремонтного молодняка.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что относительная масса внутренних органов молодняка всех опытных групп была выше, чем контрольной. Масса желудка и сердца была самой высокой во 2-й группе (табл. 87).

Таблица 87

Относительная масса органов опытной птицы ($M \pm m$), %

Органы	Группа				
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Сердце	0,470±0,012	0,580±0,028	0,540±0,060	0,550±0,040	0,560±0,040
Печень	2,610±0,180	2,780±0,050	2,870±0,110	2,960±0,270	2,860±0,150
Селезенка	0,190±0,030	0,226±0,020	0,209±0,020	0,299±0,060	0,224±0,020
Легкие	0,652±0,060	0,787±0,780	0,841±0,030	0,837±0,080	0,759±0,050
Железистый желудок	0,437±0,030	0,551±0,040	0,445±0,040	0,542±0,060	0,470±0,040
Мышечный желудок	3,140±0,160	3,220±0,080	2,860±0,140	3,100±0,150	2,830±0,090
Кишечник	5,260±0,080	5,380±0,060	6,080±0,420	5,740±0,530	6,120±0,390

В процессе проведения второго опыта изучалось влияние кудюрита на качество яичной продукции (табл. 88).

Наибольшая масса яйца (61,7 г) у кур-несушек наблюдалась в 4-й группе (отношение кислотных элементов к щелочным 0,7), несколько меньше во 2-й – 60,7, а в контроле – 60,5 г.

**Качество яиц при добавке кудюрита в рацион с различным
кислотно-щелочным отношением ($M \pm m$)**

Группа	Кислотно-щелочное соотношение	Средняя масса яйца, г	Толщина скорлупы, мкм	Единица Хау	Индекс формы
1-я	0,5	60,5 $\pm$ 1,0	310	82	74,1
2-я	0,3	60,7 $\pm$ 1,0	320	87	73,7
3-я	0,7	61,7 $\pm$ 1,0	320	88	75,7
4-я	1	59,8 $\pm$ 1,0	300	82	76,0

Толщина скорлупы имеет особое значение для целостности яйца во время многочисленных рабочих операций (сбор, сортировка, упаковка, транспортировка и инкубация), поэтому данному показателю уделяют особое внимание. Толщина скорлупы яиц птицы опытных и контрольной групп составила 310–320 мкм, что является предельной нормой для данного кросса.

Наилучшие показатели инкубации достигаются при высоком значении единицы Хау. Оптимальной величиной считается не менее 75 единиц Хау. В наших исследованиях она была у кур контрольной группы и 4-й опытной – 82, во 2-й – 87 и в 3-й – 88.

Индекс формы имеет большое значение при транспортировке яиц, так как яйца правильной формы удобнее транспортировать и хранить в стандартной таре. Длинные и тонкие яйца имеют низкий индекс, а короткие и толстые – высокий. Индекс формы у яиц колеблется в пределах 73–80. У птиц подопытных групп яйца имели нормальную форму.

Гематологические показатели характеризуют физиологическое состояние организма птицы. Проведенные исследования не выявили существенных различий по составу крови контрольной и опытной птицы (табл. 89). Введение в рацион кур кудюритов в условиях кормления

их кормами с разным кислотно-щелочным равновесием не вызвало статистически достоверных изменений в гематологических и биохимических показателях крови опытной птицы.

Однако в 3-й опытной группе кур, где кислотно-щелочное равновесие корма составило 0,8 ед., отмечилась тенденция к повышению концентрации общего белка крови и альбуминов, вследствие чего данная группа птиц превзошла аналогичные показатели контрольной группы соответственно на 21,2 и 47,5 %.

Таблица 89

Гематологические показатели подопытной птицы ($M \pm m$)

Показатели	Группа				
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Эритроциты, млн	2,550±0,350	2,360±0,170	2,280±0,110	2,310±0,090	2,530±0,280
Гемоглобин, г%	9,760±0,560	9,210±0,860	9,330±0,430	9,730±0,970	9,410±0,240
Резервная щелочность, %	0,230±0,006	0,220±0,010	0,240±0,006	0,270±0,017	0,270±0,006
Общий белок, %	7,120±0,960	7,800±0,650	8,630±0,180	6,960±0,013	7,180±0,470
Альбумины, %	2,890±0,870	3,310±0,600	4,270±0,180	2,690±0,140	2,690±0,140
Глобулины, %	4,190±0,050	4,490±0,060	4,360±0,000	4,270±0,130	4,160±0,210

Смещение кислотно-щелочного равновесия корма к 1,0 способствовало повышению резервной щелочности крови у опытной птицы до 0,27 ед. Однако достигнув данного уровня, показатель щелочного резерва стабилизировался и при дальнейшем сдвиге кислотно-щелочного равновесия корма до 1,2 не изменился.

Гематологические и биохимические показатели крови в опытных группах птиц, получавших корм с разным кислотно-щелочным равновесием, не претерпевали резких изменений и варьировали в пределах физиологии

ческих границ. При комфортном для организма птиц кислотно-щелочном равновесии корма кудюриты активизируют анаболический процесс и повышают уровень общего белка крови и альбуминов. При нарастающем защелачивании корма кудюриты ограничивают повышение щелочного резерва крови птиц, стабилизируя его на отметке 0,27 ед. и способствуя сохранению постоянства внутренней среды организма. Об эффективности производства продукции птицеводства свидетельствуют ее себестоимость и рентабельность (табл. 90).

Таблица 90

Экономическая эффективность применения кормосмесей с кудюритом при различном кислотно-щелочном отношении*

Показатели	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Среднее поголовье, гол.	51,84	51,84	51,85	45,27
Яйценоскость на среднюю несушку, шт.	75,6	79,7	84,3	86,0
Валовое производство яиц, шт.	3519,1	4131,6	4370,1	3893,2
Потреблено кормосмеси, кг	763,2	736,7	740,3	696,3
Затраты корма на 10 шт. яиц, кг				
кормосмеси с кудюритом	2,16	1,78	1,69	1,78
кормосмеси без кудюрита	2,16	1,69	1,60	1,69
Выручка от реализации, руб.	6445,84	8263,2	8740,2	7786,4
Стоимость комбикорма, руб.	3052,8	2798,4	2798,4	2646,8
Стоимость кудюрита, руб.	—	36,4	40,7	34,6
Стоимость кормосмеси, руб.	3052,8	2946,8	2961,2	2785,2
Всего затрат, руб.	6105,6	5893,6	5922,1	5570,4
Себестоимость 1000 яиц, тыс. руб.	1,73	1,42	1,35	1,45
Прибыль, руб.	340,24	2369,6	2817,8	2216
Рентабельность, %	5,5	46,2	47,57	39,78

* В ценах 2005 г.

За период опыта (184 дня) яйценоскость на несушку была выше на 4,1–10,4 яйца, валовое производство яиц – на 10,6–24,2 % при снижении расхода кормов на производство 10 шт. яиц на 17,59–21,75 % в опытных группах, где в комбикорм добавляли 5 % кремниевой добавки.

Следует также отметить, что рентабельность производства продукции птицеводства во всех опытных группах была выше по сравнению с контролем. Самый высокий показатель был в 3-й группе – 47,57% (отношение кислых элементов к щелочным – 0,7), несколько меньше во 2-й группе – 46,2% (отношение кислотных элементов к щелочным 0,3).

Проведенными исследованиями установлено, что включение кудюрита в рационы племенной птицы на фоне различного кислотно-щелочного отношения корма позволяет увеличить переваримость, усвояемость питательных веществ корма, повысить интенсивность роста цыплят и продуктивность кур-несушек, улучшить гематологические показатели, снизить себестоимость производства продукции и повысить ее рентабельность за счет оптимизации обменных процессов.

Все живые существа находятся в постоянном контакте с природными, искусственными и синтетическими соединениями кремния. В организм человека, животных ежедневно поступает кремний с пищей в небольшом количестве, и у многих ученых сложилось мнение, что этот элемент биологически инертен и бесполезен. Поэтому во всех учебниках, руководствах, нормах отсутствует информация о нормировании этого элемента, его роли в жизнедеятельности животных и влиянии на продуктивные показатели и качество продукции.

Изучением проблемы использования в питании человека и животных высококремнистых минералов ученые начали заниматься в начале прошлого века.

В.В. Потаповым и Д.В. Камашевым установлено, что реакция полимеризации ортокремниевой кислоты в гидротермальном растворе при температуре 20°C равна 0,485 ч⁻¹. Средний радиус частиц в гидротермальном рас-

творе, по данным ФКС (фотонно-корреляционной спектроскопии), составляет от 3 до 25 нм.

Развитие исследований в области изучения свойств частиц с нанометровыми размерами открывает широкие возможности для создания на их базе иммунокорректирующих препаратов.

Таким образом, чистый кварц и высококремнистые минералы оказывают существенное влияние на минеральный обмен, обмен веществ и энергии, т.е. обладают выраженным биологически активным действием на ионном уровне.

Когда кремнистые материалы попадают в пищеварительный тракт, ротовую полость птицы и смачиваются слюной, на их поверхности образуется пленка ортокремниевой кислоты H_2SiO_4 . Средний радиус частиц кремнезема составляет от 7 до 25 нм.

При продвижении через пищевод находящиеся в гидратированном растворе катионы Ca^{2+} , Al^{3+} притягиваются гидроксильной группой OH ; и размер частиц возрастает до 73–100 нм.

Агрегация первичных частиц кремния, по В.В. Потапову, приводит к образованию вторичных частиц диаметром 10–50 нм, а в дальнейшем крупных сферических частиц от 200 до 600 нм.

Попадая в мышечный желудок птицы, кремниевые минералы подвергаются мощному физическому воздействию и в результате вновь образуется ортокремниевая кислота, которая как неустойчивое соединение быстро распадается. Являясь мощным сорбентом, она сорбирует стронций, тяжелые металлы, токсины. В наших экспериментах вынос стронция увеличивался почти в 15 раз при потреблении птицей кремния, что способствует получению экологичной продукции птицеводства.

Далее пищевые массы попадают в железистый желудок. Нами установлено, что включение высококремнистых добавок повышает активность фермента амилазы, липазы и целлюлозолитических ферментов – целлюлазы, что способствует лучшей переваримости и усвояемости питательных веществ и использованию энергии. Работая в нанометровом диапазоне, кремний связывает газы, образующиеся в пищеварительном тракте. На примере цеолита видно, что связываются CO_2 , H_2 , NH_3 , CH_4 и другие газы. Чем тоньше фракция, тем активнее ее сорбционные свойства, поэтому цеолит регулирует газовый и водный режимы организма.

В кишечнике соединения кремния продолжают движение совместно с другими минералами, пищей, белками, жирами, углеводами, макро- и микроэлементами, оптимизируя обменные процессы и усвояемость, увеличивая синтез белка, жира, углеводов, а следовательно, продуктивность птицы, а в конечном итоге и экономическую эффективность: снижая себестоимость и повышая рентабельность производства продукции.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что кремний и его соединения выполняют важную роль в природе. Являясь инструментом нанобиотехнологии, этот элемент заслуживает особого внимания и глубокого уважения. Считаю целесообразным ввести этот элемент в нормируемые показатели в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы.

Достаточно убедительными были экономические показатели. Так, птица, получавшая высококремнистую добавку Кинтерепского, Пегасского и Борокского месторождений, давала более дешевую продукцию и имела более высокую рентабельность на 21; 47,8; 37,3% по сравнению с контролем. Кремний и его соединения обладают ионообменными и сорбционными свойствами и тем самым

могут оказывать влияние на кислотно-щелочное отношение. В связи с этим нами были проведены опыты по влиянию кремния на продуктивность птицы при различном кислотно-щелочном соотношении в корме. Установлено, что скормливание минерала оказывает соответствующее влияние на рост и развитие молодняка. Наиболее высокий показатель по живой массе цыплят наблюдался в группе, где кислотно-щелочное отношение составляло 0,8, т.е. достоверно превышал живую массу цыплят контрольной группы. Доказано, что введение в рацион кремниевой добавки при различном кислотно-щелочном отношении оказывает положительное влияние на продуктивные показатели взрослой птицы. Так, яйценоскость в опытных группах увеличилась на 5–13,7% по сравнению с контролем.

При оптимальном кислотно-щелочном отношении (0,8) кремниевые минералы активизируют анаболический процесс, повышают уровень общего белка крови на 21%. При нарастающем защелачивании корма минералы кремния ограничивают повышение щелочного резерва, способствуя его стабилизации и сохранению постоянства внутренней среды организма.

Следует также отметить, что кремнийсодержащие добавки способствуют получению экологичных продуктов птицеводства. При их потреблении достоверно снижается содержание стронция и тяжелых металлов в яйцах и мясе птицы.

Таким образом, проведенными нами исследованиями дано экспериментальное обоснование с позиции нанобиотехнологии использования высококремнистых соединений в организме сельскохозяйственной птицы. Расшифрован механизм действия кремния в организме птицы и разработана концептуальная модель производства экопродуктов птицеводства с использованием различных высококремнистых минеральных добавок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа отечественной и зарубежной литературы, а также многолетних собственных исследований автора и его школы разработана концептуальная модель производства экопродуктов птицеводства с использованием элементов нанобиотехнологий.

Следует отметить, что нанобиотехнологические процессы в организме птицы идут в двух направлениях:

1. От большого к малому. Белки расщепляются до наночастиц аминокислот, углеводы до глюкозы.
2. В организме из аминокислот синтезируются белки тела и продукция (яйцо).

Глюкоза является основным источником энергетического обмена, поддержания температуры тела, движения, работы органов, производства продукции и т. д.

По сравнению с другими видами животных птица имеет более высокий обмен веществ, она более требовательна к кормам по сравнению с другими видами животных.

Поэтому предлагается для повышения усвояемости биологической ценности кормов для птицы перерабатывать их в частицы нанометровых размеров: аминокислоты и глюкозу, используя для этой цели физические методы воздействия: кавитацию, ионизацию и ферментацию.

Применение триады процессов переработки зернового позволило ускорить процесс деполимеризации крахмала в глюкозу с 60 до 6–7 ч. При этом из классического технологического процесса исключали минеральные кислоты, а вместо них использовали экологичный ионизированный раствор pH 4,2–5,0. На данную разработку получено 7 патентов.

Второе направление получения экопродуктов птицеводства – это использование различных детоксикантов:

органического, синтетического, биологического и минерального происхождения.

Изучена эффективность влияния пробиотических и пребиотических препаратов в получении экопродукции птицеводства. Гуминовые препараты, селенсодержащие соединения, пробиотики, природные полисахариды (пектин, каррагинан, альгинат натрия) также существенно снижают аккумуляцию ТМ в органах и тканях птицы.

Разработана технология производства на методологической основе комплексного системного подхода к проблеме детоксикации ТМ в экологической цепи.

Созданная классификация детоксикантов и механизмы процесса позволяют прогнозировать эффективность его действия при производстве экологически безопасной продукции птицеводства.

Перспективным является также направление по использованию в качестве детоксикантов силикатов, соединений кремния. Большинство природных кремниевых соединений являются неорганическими полимерами, построенными из повторяющихся кремнекислородных связей, которые могут чередоваться и с атомами других элементов. Средний радиус частиц кремнезема составляет от 7 до 25 нм.

В последние годы кремниевые соединения – алюмосиликаты приобрели больше практическое значение в качестве сорбентов, ионообменников, катализаторов [131].

Авторами проведены глубокие исследования, расшифрован механизм действия высококремниевых природных комплексов в организме сельскохозяйственной птицы, изучены различные минералы Сибири, выявлены перспективные соединения и их влияние на продуктивность птицы, качество, экологическую безопасность продукции и экономическую эффективность их введения

в рационы. Вынос стронция из продукции птицеводства при скормливании высококремниевых добавок увеличился в 15 раз по сравнению с контролем.

Комплексное применение пробиотических, пребиотических и синбиотических препаратов позволило получать экологически безопасную продукцию птицеводства без использования антибиотиков и других препаратов. На продукцию получены сертификаты (прил. 1, 2).

Таким образом, коллективом авторов разработана концептуальная модель производства Organic продукции птицеводства и произведено внедрение данной технологии в производство.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

К.А. Филиппов



000019



СЕРТИФИКАТ

предоставляет право представлять продукцию в рамках Партнерства,
как продукцию повышенной экологической безопасности

Выдан:
ООО "Птицефабрика Бердская" ИНН 5445102976, КПП 544501001, 633004,
Россия, г. Бердск, ул. Промышленная, 38

Продукция:

МЯСО КУР (ТУШКИ ЦЫПЛЯТ - БРОЙЛЕРОВ И ИХ ЧАСТИ),
1 и 2 сорта; целые тушки, полутушки, четвертины (передние и задние),
грудки, окорочка, крылья, голени, бедра
выпускаемая по ГОСТ Р 52702-2006,
серийный выпуск

соответствует требованиям СТО 66226711-001-2010

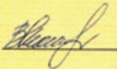
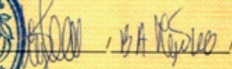
Выдан на основании:
Сертификата соответствия № РОСС RU.AE88.H00849, срок действия с
05.10.2010 г. по 04.10.2011 г., №0350436

Протоколов испытаний №84825 от 27.09.2010 АИЦ ФГУ "Новосибирская
МВЛ" № РОСС RU 0001.21.ПП182, №25351 от 29.09.2010 АИЛ АНО "Центр
биотической медицины" № РОСС RU 0001.513118

дата выдачи: " 7 " 10 2010 г.

Председатель Совета Партнерства _____ Главный специалист эксперт _____



		000018
СЕРТИФИКАТ		
предоставляет право представлять продукцию в рамках Партнерства, как продукцию повышенной экологической безопасности		
Выдан: ООО "Птицефабрика Бердская" ИНН 5445102976, КПП 544501001, 633004, Россия, г.Бердск, ул. Промышленная, 38		
Продукция: ЯЙЦА КУРИНЫЕ ПИЩЕВЫЕ, выпускаемая по ГОСТ Р 52121-2003, серийный выпуск		
соответствует требованиям СТО 66226711-001-2010		
Выдан на основании: Сертификата соответствия № РОСС RU.AE88.H00851, срок действия с 05.10.2010 г. по 04.10.2011 г., №0350438		
Протоколов испытаний №84827 от 27.09.2010 АИЦ ФГУ "Новосибирская МВЛ" № РОСС RU 0001.21.П182, №25351 от 29.09.2010 АИЛ АНО "Центр биотической медицины" № РОСС RU 0001.513118		
дата выдачи: " 7 " 10 20 10 г.		
Председатель Совета Партнерства 		Главный специалист эксперт 

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айлер Р. Химия кремнезема / Р. Айлер. – М.: Мир, 1982. – Ч. 1. – 1127 с.

2. Аксёнов В. В. Глубокая переработка местного зернового крахмалосодержащего сырья на сахаристые крахмалопродукты кормового и пищевого назначения / В. В. Аксёнов // Влияние приоритетного национального проекта – государственной программы «Развитие АПК» – на сельское хозяйство Сибири: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (28–31 окт. 2008 г., КемГСХИ). – Кемерово, 2008. – С. 289–294.

3. Аксёнов В. В. Информационно-управляющая система автоматизации производства углеводных кормовых добавок / В. В. Аксёнов, А. А. Зотов, А. А. Лубков // Материалы V Междунар. юбил. науч.-практ. конф. «Пища. Экология. Качество». – Новосибирск, 2008. – С. 366–367.

4. Аксёнов В. В. Использование газовых реакторов для ферментативной переработки растительного крахмалосодержащего сырья на сахаристые крахмалопродукты / В. В. Аксёнов, Н. Л. Лукьянчикова, Ю. А. Рамазанов, И. П. Косюк // Тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Пища. Экология. Качество» / РАСХН. Сиб. отд-ние, ГНУ СибНИИТИП. – Новосибирск, 2004. – С. 11–13.

5. Аксёнов В. В. Комплексная переработка растительного крахмалосодержащего сырья в России / В. В. Аксёнов // Вестн. КрасГАУ. – 2007. – № 5. – С. 213–218.

6. Аксёнов В. В. Перспективы использования углеводной кормовой добавки из зерновых крахмалоносов в животноводстве / В. В. Аксёнов, К. Я. Мотовилов, В. А. Волков // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. «Современные технологические и селекционные аспекты развития животноводства России». – Дубровицы, 2005. – Т. 2. – С. 45–47.

7. Аксёнов В. В. Перспективы производства в Сибири сахаристых крахмалопродуктов из местного зернового сырья / В. В. Аксёнов // Тр. VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Киргизии». – Барнаул, 2005. – С. 511–514.

8. Аксёнов В. В. Получение углеводных кормовых добавок в роторно-пульсационном аппарате / В. В. Аксёнов, А. В. Максименко, В. А. Волков, Н. А. Трусов // Тр. Междунар. конф. «Совершенствование технологий производства и переработки продукции животноводства». – Волгоград, 2005.

9. Аксёнов В. В. Системный подход к интенсификации процессов биоконверсии нативных крахмалов и крахмалосодержащего сырья. Сообщ. II: Проведение биоконверсии нативных крахмалов в электроактивированных водных растворах / В. В. Аксёнов // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – № 10. – С. 18–20.

10. Аксёнов В. В. Системный подход к интенсификации процессов биоконверсии нативных крахмалов и крахмалосодержащего сырья. Сообщ. III: Проведение ферментативной биоконверсии зернового крахмалосодержащего сырья в условиях гидродинамических воздействий / В. В. Аксёнов // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 1. – С. 26–28.

11. Акуличев В. А. Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях / В. А. Акуличев. – М.: Наука, 1978. – 278 с.

12. Аминокислотное питание свиней и птицы / А. Я. Аврутина, А. П. Дмитроченко, П. А. Наумов [и др.]. – М.: Колос, 1966.

13. Аминокислотное питание свиней и птицы: сб. материалов совещ. по вопросам аминокислот. питания с.-х. животных (Харьков, 1962 г.). – М., 1963.

14. Аминокислотный анализ протеина кормов и продуктов животноводства: метод. сб. – М., 1968.

15. Амромин Э. Л. Метод решения нелинейных нестационарных задач теории кавитационных течений идеальной жидкости / Э. Л. Амролин // Журн. техн. физики. – 1993. – Т. 63, № 4. – С. 194–199.

16. Андреев Н. Р. Прогнозные оценки развития крахмалопаточного производства / Н. Р. Андреев, Н. Д. Лукин, Л. А. Медведева // Пищ. пром-сть. – 1999. – № 12. – С. 34–35.

17. Балабудкин М. А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности / М. А. Балабудкин. – М.: Медицина, 1983. – С. 160.

18. Балабышко А. М. Роторный аппарат с модуляцией потока для получения высоковязких СОЖ / А. М. Балабышко, А. И. Зимин // Вестн. машиностроения. – 1990. – № 15. – С. 59–60.

19. Балабышко А. М. Эффективное применение роторных аппаратов для получения рабочих жидкостей гидросистем проходческой техники / А. М. Балабышко // Шахтостроительство. – 1990. – № 3. – С. 41–43.

20. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика / Т. М. Башта // Машиностроение. – М., 1971. – С. 44–46.

21. Бгатов В. И. Функции природных минералов в обменных процессах сельскохозяйственной птицы / В. И. Бгатов, К. Я. Мотовилов, М. А. Спешилова // С.-х. биология. – 1987. – № 7. – С. 98–182.

22. Белоглазов И. Н. О некоторых особенностях моделирования гидродинамических процессов / И. Н. Белоглазов, Н. К. Белоглазов, М. И. Курочкина // Там же. – 1992. – Т. 65, № 5. – С. 1139–1146.

23. Биологические основы рационального аминокислотного питания сельскохозяйственных животных: Обзор лит. – М., 1967.

24. Бокова Т. И. Детоксиканты различного происхождения / Т. И. Бокова // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2012. – № 4. – С. 65–68.

25. Бокова Т. И. Эколого-технологические аспекты поведения тяжелых металлов в системе почва – растение – животное – продукт питания человека / Т. И. Бокова; РАСХН. Сиб. отд-ние. ГНУ СибНИПТИП. – Новосибирск, 2004. – 206 с.

26. Бокова Т. И. Эффективность использования природных полисахаридов в мясоперерабатывающей промышленности / Т. И. Бокова, А. Т. Инербаева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 18–23.

27. Бочкарева И. И. Аккумуляция свинца и кадмия при разных уровнях их поступления в организм сельскохозяйственной птицы / И. И. Бочкарева, Т. И. Бокова, С. В. Бирюкова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – Новосибирск, 2011. – № 2. – С. 94–99.

28. Бочкарева И. И. Антропогенные загрязнители – свинец и кадмий в организме птицы и детоксикация их препаратами

селена: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.И. Бочкарева. – Красноярск, 2003. – 16 с.

29. *Бочкарева И.И.* Антропогенные загрязнители и селен в организме сельскохозяйственной птицы / И.И. Бочкарева // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 10 – С. 139–144.

30. *Бочкарева И.И.* Взаимодействие селенсодержащих препаратов и тяжелых металлов в организме птицы / И.И. Бочкарева, Т.И. Бокова, К.Я. Мотовилов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 1. – С. 50–56.

31. *Бочкарева И.И.* Эффективность применения комплексных детоксикантов в рационах сельскохозяйственной птицы / И.И. Бочкарева, Т.И. Бокова, С.В. Бирюкова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 1. – С. 59–64.

32. *Брок Д.* Цеолитовые молекулярные сита / Д. Брок. – М.: Недра, 1983. – 647 с.

33. *Бронин Ф.А.* Современное состояние разработок по ультразвуковому оборудованию технологии для снятия заусенцев, диспергирования порошковых материалов и очистки во фреонах / Ф.А. Бронин // Повышение эффективности технологических процессов в поле акустических колебаний. – М.: Металлургия, 1981. – С. 63–70.

34. *Бруякина Л.А.* Гидролизаты крахмала для получения низкоколорийных продуктов / Л.А. Бруякина, Л.А. Ананских, Н.П. Абакумова // Сахар. пром-сть. – 1987. – № 3. – С. 51–52.

35. *Викторов П.И.* Методика и организация зоотехнических опытов / П.И. Викторов, В.К. Менькин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 112 с.

36. *Воронков М.Г.* Кремний в живой природе / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов. – М.: Наука, 1984. – 155 с.

37. *Гомогенизатор* роторный: пат. РФ на полезную модель № 220205 от 27.08.2005 / В.С. Пияшев, Н.А. Трусов, В.В. Аксёнов.

38. *Грачева И.М.* Технология ферментативных препаратов / И.М. Грачева, А.Ю. Кривова. – М.: Элевар, 2000. – 512 с.

39. *Грачева О.Г.* Влияние повышенного уровня витамина D₃ в рационе цыплят-бройлеров на аккумуляцию свинца

и кадмия в мышцах птицы/ О.Г. Грачева, Т.И. Бокова // Зоотехния: тр. Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск, 2003. – Т. 183, вып. 1. – С. 287–292.

40. Грибова Н.Д. Влияние углеводных кормовых добавок на экологические показатели молока и продуктивность лактирующих коров / Н.Д. Грибова, В.В. Аксёнов, Д.В. Анисимов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Пища. Экология. Качество». – Кемерово, 2009. – С. 84–86.

41. Детоксикация свинца и кадмия в организме цыплят-бройлеров антиоксидантом тиофаном / Ю.И. Коваль, Т.И. Бокова, Е.Г. Медяков, Д.Л. Носенко // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 4. – С. 154–159.

42. Диатомиты в рационах птицы / Н.Н. Ланцева, К.Я. Мотовилов, Н.В. Суслов, Н.Е. Карачева // Комбикорма. – 2000. – № 3. – С. 42.

43. Диксон М. Механизм действия ферментов / М. Диксон, Э. Уэбб // Ферменты. – М., 1961. – С. 297–357.

44. Дмитроченко А.П. Аминокислотное питание сельскохозяйственных животных/ А.П. Дмитроченко // Сел. хоз-во за рубежом (Сер. Животноводство). – 1963. – № 3.

45. Журавская Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов: учеб. пособие / Н.К. Журавская, Л.Т. Алехина, Л.М. Отряшенкова. – 1985. – С. 43–46.

46. Зимин А.И. Кавитационная ректификация двухкомпонентных смесей / А.И. Зимин. – М., 1995. – 20 с.

47. Зимин А.И. Технология переработки нейтрализованных сернокислых шламов в железооксидный пигмент / А.И. Зимин // Пути и средства повышения экологической безопасности гальванических производств: тез. докл. науч.-техн. конф. – Ярославль, 1995. – С. 37–39.

48. Зимин А.И. Трансформация кинетической энергии потока жидкости в кавитационную и акустическую при импульсном возбуждении кавитации / А.И. Зимин, В.П. Ружицкий, В.Н. Старцев // Композиционные материалы и изделия из них под воздействием энергии различных видов: тез. докл. науч.-техн. конф. – М., 1995. – С. 26.

49. *Иванова О.В.* Влияние викасола и пробиотиков на продуктивность цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2003. – 24 с.

50. *Измеров М.И.* Нормативно-методическая база обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов в России / М.И. Измеров, А.А. Монисов, В.И. Тутельян // Тр. междунар. конф. «Политика в области здорового питания России». – М., 1997.

51. *Инербаева А.Т.* Товароведная оценка мяса птицы и способы снижения токсичных элементов как факторы, формирующие безопасность пищевых продуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Т. Инербаева. – Кемерово, 2004. – 17 с.

52. *Использование* молочно-кислой кормовой добавки с пробиотиками в рационах сельскохозяйственных животных: метод. рекомендации/РАСХН. Сиб. отд-ние, ГНУ СибНИПТИП. – Новосибирск, 2005. – 27 с.

53. *Использование* природных цеолитовых туфов в кормлении кур-несушек / Н.Н. Ланцева, К.Я. Мотовилов, Н.В. Суслов // Научно-производственный опыт в птицеводстве: экспресс-информация. – Сергиев Посад, 1999. – № 2. – С. 14.

54. *Кардышев Г.А.* Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардышев. – М.: Химия, 1990. – 208 с.

55. *Коваль Ю.И.* Использование синтетических водорастворимых соединений с антиоксидантными свойствами в кормлении цыплят-бройлеров / Ю.И. Коваль, Т.И. Бокова // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. – 2011. – № 12. – С.55–62.

56. *Комбикорма* и кормовые добавки: справ. пособие / В.А. Шаршунов, Н.А. Попков, Ю.А. Пономаренко [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2002. – 440 с.

57. *Корм* сахаросодержащий из зерна пшеницы: ТУ 9296–014–23611999–06 / В.В. Аксёнов, В.С. Пияшев, В.А. Волков, Н.А. Шкиль. – Новосибирск, 2006. – 12 с.

58. *Крахмал* и крахмалопродукты / под ред. Н.Г. Гулюка. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 279 с.

59. *Крахмалопаточная промышленность* // Пищевая промышленность в условиях рыночной экономики / под ред. Е. И. Сизенко. – М., 2002. – С. 347–368.

60. *Кропачев Д. В.* Действие биологически активных препаратов фагостим и поливедрим при интоксикации птицы свинцом и кадмием: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д. В. Кропачев. – Новосибирск, 2004. – 18 с.

61. *Кудюриты* в рационах кур-несушек / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов, Н. В. Суслов, Н. Матвеев // Научно-производственный опыт в птицеводстве: экспресс-информация. – Сергиев Посад, 1999. – № 2. – С. 5–6.

62. *Ланцева Н. Н.* Влияние различного уровня содержания в рационе кислотных и щелочных элементов при скармливании кудюритов / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Актуальные проблемы животноводства Сибири: наука, производство и образование: материалы межрегион. науч.-практ. конф. аграр. вузов Сибири. – Новосибирск, 2005. – Вып. 1, прил. 1. – С. 55.

63. *Ланцева Н. Н.* Влияние различных высококремнистых добавок на качество птицеводческой продукции / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Зоотехния: тр. Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск, 2003. – Т. 183, вып. 1. – С. 247–253.

64. *Ланцева Н. Н.* Влияние различных высококремнистых добавок на качество яиц / Н. Н. Ланцева // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2004. – № 1. – С. 70–74.

65. *Ланцева Н. Н.* Диатомиты в кормлении птицы / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Аграрная наука. – 1997. – № 3. – С. 49–51.

66. *Ланцева Н. Н.* Диатомиты для птицы / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Комбикорм. пром-сть. – 1995. – № 4. – С. 100.

67. *Ланцева Н. Н.* Изучение местных высококремнистых добавок / Н. Н. Ланцева // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2006. – № 4. – С. 35–38.

68. *Ланцева Н. Н.* Использование диатомитов в кормлении яичных кур: дис. ... канд. с.-х. наук / Н. Н. Ланцева. – Новосибирск, 1994. – 119 с.

69. *Ланцева Н. Н.* Использование диатомитов к кормлении яичных кур: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н. Н. Ланцева. – Барнаул, 1994. – 15 с.

70. *Ланцева Н. Н.* Использование экологически чистых местных минеральных добавок в рационах сельскохозяйственной птицы / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов, А. В. Ван, А. А. Паули // Производство полноценных комбикормов и их значение в питании животных: тез. докл. междунар. семинара. – Новосибирск, 1994. – С. 82–83.

71. *Ланцева Н. Н.* Камышловские диатомиты в птицеводстве / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Природные минералы на службе человека (минеральная среда и жизнь): сб. тез. междунар. науч.-практ. конф. (23–24 окт. 1997 г.). – Новосибирск, 1997. – С. 151–152.

72. *Ланцева Н. Н.* Кудюриты в рационах племенной птицы / Н. Н. Ланцева // Кормление с.-х. животных. – 2008. – № 6. – С. 42–43.

73. *Ланцева Н. Н.* Перспективы использования кудюритов в рационах животных для повышения продуктивности и получения экологически чистой продукции / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Природные минералы на службе человека (минеральная среда и жизнь): сб. тез. междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 1997. – С. 153–154.

74. *Ланцева Н. Н.* Различные минеральные подкормки в рационах кур яичного направления / Н. Н. Ланцева, Н. Е. Карачева, К. Я. Мотовилов // Современные проблемы ветеринарной диетологии и нутрициологии: материалы Первого междунар. симпоз. – СПб., 2001. – С. 55–56.

75. *Ланцева Н. Н.* Сравнительная характеристика цеолитов различных месторождений / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов // Комбикорм. пром-сть. – 1996. – № 7. – С. 21.

76. *Ланцева Н. Н.* Экспериментальное обоснование механизма действия высококремнистых минеральных комплексов – кудюритов в птицеводстве: монография / Н. Н. Ланцева, А. Н. Швыдков, К. Я. Мотовилов. – Новосибирск, 2013. – С. 165–168.

77. *Марнов Д. И.* Балансирование рационов и комбикормов по аминокислотам / Д. И. Марнов. – М., 1967.

78. *Материалы* исследований медико-биологических эффектов воздействия цеолитов на живые организмы / Сиб. отделение Ин-та клин. иммунологии АМН. – Новосибирск, 1991.

79. *Мачинский А. С.* Перспективы применения суперкавитационных аппаратов для интенсификации тепломассообменных процессов / А. С. Мачинский, А. Е. Колосов, В. Т. Сидяненко // IV Всесоюз. школа-семинар молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы теплофизики и физики гидрогазодинамики» (ноябрь, 1991): тез. докл. – Алушта, 1991. – С. 60.

80. *Мелихов А. А.* Кавитация как многомерная проблема теории необратимых процессов / А. А. Мелихов, Ф. М. Купи // Термодинамика необратимых процессов. – М.: Ин-т общ. и неорганич. химии АН СССР, 1992. – С. 59–67.

81. *Минералы* и перспективы их использования для повышения качества сельскохозяйственной продукции / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов, Т. И. Бокова [и др.] // Природные минералы на службе человека (безопасность человека и природные минералы): материалы научн.-практ. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2001. – С. 115–116.

82. *Мотовилов К. Я.* Влияние пегасина на переваримость питательных веществ у яичных кур / К. Я. Мотовилов, А. М. Шадрин // Применение цеолитовых туфов в сельском хозяйстве. – Новосибирск, 1986. – С. 36–39.

83. *Мотовилов К. Я.* Влияние различных высококремнистых добавок на продуктивные показатели племенных кур яичного направления / К. Я. Мотовилов, В. И. Бгатов, А. А. Паули // Птицеводство. – 1988. – № 1. – С. 24–27.

84. *Мотовилов К. Я.* Высокоэффективная технология получения экологичного мяса птицы / К. Я. Мотовилов, О. К. Мотовилов, Т. И. Бокова // Ползунов. вестн. – 2011. – № 2/1. – С. 209–213.

85. *Мотовилов К. Я.* Использование наполнителей в кормлении кур-несушек // Кормление и содержание сельскохозяй-

ственных животных в Сибири: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд.-ние. – Новосибирск, 1984. – С. 158–161.

86. *Мотовилов К. Я.* Механизм действия высококремнистых природных комплексов в организме сельскохозяйственной птицы / К. Я. Мотовилов, В. И. Бгатов, М. А. Спешилова // Ускорение научно-технического прогресса в АПК: тез. докл. НСХИ. – Новосибирск, 1986. – С. 84–95.

87. *Мотовилов К. Я.* Проблемы переработки, хранения и управления качеством сельскохозяйственной продукции в Сибири / К. Я. Мотовилов // Тр. III Междунар. науч.-практ. конф. (Краснообск, 2003). – Новосибирск, 2003. – С. 7–11.

88. *Мотовилов К. Я.* Результаты производственных испытаний диатомитов в рационах яичной птицы / К. Я. Мотовилов, Н. Н. Ланцева // Совершенствование методов кормления и содержания сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1995. – С. 37–40.

89. *Мотовилов К. Я.* Роль кремния в кормлении сельскохозяйственной птицы / К. Я. Мотовилов // Тез. докл. науч.-практ. конф. НСХИ. – Новосибирск, 1989. – С. 107.

90. *Мотовилов О. К.* Гидромеханическое диспергирование и его использование при производстве специализированных продуктов питания и оценка их потребительских свойств: монография / О. К. Мотовилов. – Новосибирск, 2011. – 240 с.

91. *Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований* / под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса, П. М. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002. – 229 с.

92. *Научно-образовательный комплекс «Сибагростандарт» (проблемы, пути развития и совершенствования)* / К. Я. Мотовилов, Т. И. Бокова, Л. А. Осинцева [и др.]. // Тез. докл. конф. «Актуальные проблемы животноводства: наука, производство и образование». – Новосибирск, 2006. – С. 12–13.

93. *Некоторые физиологические показатели цыплят-бройлеров при различных уровнях антропогенной нагрузки* / И. И. Бочкарева, С. В. Бирюкова, Ю. И. Коваль, Н. П. Полякова // Вестн. НГАУ. – 2010. – № 4 (12). – С. 22–26.

94. *Новицкий Б.Г.* Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б.Г. Новицкий. – М.: Химия, 1983. – 191 с.

95. *Носенко Д.Л.* Взаимодействие природных полисахаридов с тяжелыми металлами/ Д.Л. Носенко, Т.И. Бокова, К.Я. Мотовилов//Пища. Экология. Качество: материалы IV Междунар. конф. – Новосибирск, 2004. – С. 439–441.

96. *Огурцов А.Н.* Нанобиотехнология. – Харьков, 2010. – 384 с.

97. *Осмаян А.* Повышение уровня йода в яйцах кур / А. Осмаян, А. Иванов, Е. Козлобаева // Птицеводство. – 2003. – № 2. – С. 23–24.

98. *Паничев А.М.* Литофагия в мире животных и человека. – М.: Наука, 1990. – 235 с.

99. *Пат. RU 2189239 C2 20.09.02* Способ выведения свинца из организма птицы / Т.И. Бокова. – Бюл. № 26.

100. *Пат. RU 2255469 C2 10.07.05* Способ выведения свинца из организма птицы / И.И. Бочкарева, Т.И. Бокова. – Бюл. № 19.

101. *Позняковский В.М.* Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров: учеб. / В.М. Поздняковский, Т.В. Плотников [и др]. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1996. – С. 103–106.

102. *Попов И.С.* Аминокислотный состав кормов / И.С. Попов. – М., 1965.

103. *Попов И.С.* Проблема аминокислот в кормлении сельскохозяйственных животных /И.С. Попов // Животноводство. – 1969. – № 3.

104. *Проблемы безопасности пищевых продуктов в России* / А.А. Монисов, В.А. Тутельян, С.А. Хотимченко, Л.П. Терешкова // Вопросы питания. –1994. – № 3. – С. 33–39.

105. *Продуктивность и обмен веществ кур-несушек при скормливании кудюритов* / К.Я. Мотовилов, К.Н. Чаплинская, О.И. Иванова, О.В. Захарова // С.-х. биология. – 1994. – № 2. – С. 92–97.

106. *Продуктивные показатели племенных кур при скормливании им сузунских кудюритов*/ К.Я. Мотовилов, В.И. Бга-

тов, А. А. Паули, А. В. Ван // Сб. науч. тр. НГАУ, – Новосибирск, 1991. – С.78–82.

107. *Решетник А. А.* Способы определения и методы коррекции обеспечения селеном / А. А. Решетник, Е. О. Парфенова, А. В. Скальный // *Экология моря*. – 2000. – Вып. 54. – С. 69–74.

108. *Романенко В. Н.* Комплексное использование сырья в крахмалопаточном производстве. / В. Н. Романенко, Н. И. Филиппова. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 160–174.

109. *Романов Г. А.* Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве / Г. А. Романов. – М., 2000.

110. *Роторно-иннерционный* биореактор для гетерогенных биокаталических процессов. I. Ферментативный гидролиз крахмала / Г. А. Коваленко, С. В. Сухамин, А. В. Симаков [и др.] // *Биотехнология*. – 2004. – № 1. – С. 83–90.

111. *Ряполов Б. С.* Применение кавитации в гидроструйной технологии / Б. С. Ряполов, А. А. Анциферов // *Изв. вузов. Машиностроение*. – 1993. – № 6. – С. 32–34.

112. *Серосодержащие* препараты в получении безопасной продукции птицеводства/ И. И. Бочкарева, Т. И. Бокова, С. В. Станкевич, К. Я. Мотовилов // *Вестн. АлтГАУ*. – 2007. – № 8. – С. 42–43.

113. *Смоляков А. В.* Воздействие молочнокислой добавки на обменные процессы и накопление свинца и кадмия в организме птицы / А. В. Смоляков, Т. И. Бокова // *Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. III Междунар. науч.-практ. конф.* – Семипалатинск, 2004. – Т II. – С.146–150.

114. *Способ* получения глюкозно-мальтозо-аминокислотной кормовой добавки из зерна злаковых культур пшеницы и ржи: пат. РФ № 2346461 / К. Я. Мотовилов, О. К. Мотовилов, В. В. Аксёнов. – 2009.

115. *Способ* получения сахаристых продуктов из зернового сырья: пат. РФ № 2285725 / В. В. Аксёнов, Е. Г. Порсев, В. М. Незамутдинов, К. Я. Мотовилов. – 2006.

116. *Способ* получения сахаристых продуктов из ржаной и пшеничной муки: пат. РФ № 2340681 / В. В. Аксёнов, Е. Г. Порсев, К. Я. Мотовилов. – 2008.

117. *Способ* приготовления корма для сельскохозяйственных животных / Н. Н. Ланцева, К. Я. Мотовилов, И. И. Нестеров [и др.]: авт. свидетельство. Решение гос. экспертизы. Заявка № 4696500. Зарегистрировано в Гос. реестре изобретений СССР 28 ноября 1990 г. – 4 с.

118. *Спринчак Д. В.* Детоксикация тяжелых металлов (свинца и кадмия) в системе почва – растение – животное: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д. В. Спринчак. – Красноярск, 2005. – 18 с.

119. *Станкевич С. В.* Влияние уровня метионина в рационе птицы на аккумуляцию тяжелых металлов / С. В. Станкевич, Т. И. Бокова, К. Я. Мотовилов // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. II Междунар. науч.-практ. конф. / Семипалат. гос. ун-т им. Шакарима, 16–18 окт. 2002 г. – Семипалатинск, 2002. – Т. II. – С. 323–327.

120. *Технология* крахмала и крахмалопродуктов / под ред. Н. Н. Трегубова. – М.: Пищ. пром-сть, 1981. – С. 330–338.

121. *Технология* производства функциональных экопродуктов птицеводства: метод. рекомендации / К. Я. Мотовилов, О. К. Мотовилов, А. Н. Швыдков [и др.]; ГНУ СибНИИП. – Новосибирск, 2012. – С. 19–24.

122. *Тюлюпина Л. И.* Биологически активные добавки в рационе животных / Л. И. Тюлюпина, Т. И. Бокова, И. В. Васильцова // Птицеводческое хозяйство – 2011. – № 8. – С. 25–26.

123. *Углеводная* кормовая добавка из ржи: ТУ 9296–010–23611999–05 / В. В. Аксёнов, Н. А. Трусов, В. С. Пияшев [и др.]. – Новосибирск, 2005. – 12 с.

124. *Установка* для производства кормовых углеводных добавок сельскохозяйственным животным: пат. РФ на полезную модель № 220423 / Н. А. Трусов, В. С. Пияшев, Н. В. Нюшков, В. В. Аксёнов. – 2005.

125. *Фиалкова Е. А.* Гомогенизация. Новый взгляд. – СПб.: Гиорд, 2006. – 392 с.

126. *Фисинин В.* Ресурсосберегающие технологии и конкурентноспособность отрасли / В. Фисинин // Птицеводство. – 2002. – № 1. – С. 2–5.

127. *Фисинин В.* Цеолиты в рационах птицы / В. Фисинин, В. Агеев, О. Синцера, Т. Ленкова, Н. Квашади // Птицеводство. – 1985. – № 9. – С. 25–26.

128. *Фисинин В.И.* Нужен комплексный подход к развитию птицеводства / В.И. Фисинин // Комбикорма. – 2005. – № 2. – С. 4–6.

129. *Фисинин В.И.* Применение природных цеолитов в птицеводстве / В.И. Фисинин, О.Д. Синцера, Т.Н. Ленкова // Материалы всесоюз. науч.-техн. конф. по добыче, переработке и применению природных цеолитов. – Тбилиси, 1989. – С. 361–365.

130. *Хаустов В. Н.* Эффективные методы повышения продуктивности и естественной резистентности мясной птицы: дис. ... д-ра с.-х. наук / В.Н. Хаустов. – Барнаул, 2003. – 273 с.

131. *Хорунжина С.И.* Природные цеолиты в производстве напитков / С.И. Хорунжина, В.М. Позняковский. – Кемерово: Кузбассиздат, 1994. – 238 с.

132. *Хошабов Г.Д.* Применение цеолитов Кемеровского месторождения на Кемеровской птицефабрике / Г.Д. Хошабов // Использование цеолитов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. – Новосибирск, 1988. – С. 25–28.

133. *Хошабова Е. Н.* Эффективность скармливания несущкам цеолитов Кемеровского месторождения / Е.Н. Хошабова, Л.Г. Никулина, В.Т. Калюжнов // Физиология и биохимия сельскохозяйственных животных. – Новосибирск, 1987. – С. 84–90.

134. *Цеолиты: эффективность и их применение в сельском хозяйстве.* – М.: ФГНУ «Русинформагротех», 2000. – С. 9.

135. *Цицишвили Г.В.* Природные цеолиты / Г.В. Цицишвили, Т.Г. Андроникашвили, Г.Н. Киров, А.Д. Филизова. – М.: Химия, 1985. – 224 с.

136. *Шадрин А.М.* Природные цеолиты при профилактике незаразных заболеваний кур / А.М. Шадрин, А.А. Паули, М.Д. Рыбаченко // Ветеринария. – 1996. – № 6. – С. 38–39.

137. *Шадрин А.М.* Сахатин – природный цеолит уникальная кормовая и профилактическая добавка в корм жи-

вотным и птице. / А. М. Шадрин, Л. Е. Панин – Новосибирск, 2003. – 114 с.

138. *Швыдков А. Н.* Эффективность использования молочно-кислой и углеводно-аминокислотной кормовых добавок при выращивании цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2008. – 19 с.

139. *Экспертиза кормов и кормовых добавок: учеб.-справ. пособие / К. Я. Мотовилов, А. П. Булатов, В. М. Позняковский [и др.]* – Новосибирск, 2004. – 301 с.

140. *Энтеросорбент* Ноолит / Ю. И. Бородин, Л. Н. Рачковская [и др.] – Новосибирск, 2006. – 228 с.

141. *Эффективные* методы получения экологичной продукции животноводства // Применение кудюрита Клитенского месторождения при выращивании сельскохозяйственной птицы метод. рекомендации / К. Я. Мотовилов, А. Н. Швыдков, Н. Н. Ланцева [и др.]; Рос.акад.с.-х.наук. – Новосибирск, 2009. – 18 с.

142. *Юдаев В. Ф.* Исследование гидродинамического аппарата сиренного типа и его использование для интенсификации технологических процессов в гетерогенных системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1970.

143. *Aksyonov V. V.* Preconditioning of native starches by electronic jet / V. V. Aksyonov // Materials of XVI International starch convention Cracow. – Moscow – Cracow, 2008. – P. 106.

144. *Hall M.* Forage Quality Testing: Why, How, and Where / M. Hall, V. Isher // Agronomy Facts. – 1994. – Vol. 44. – P. 1–4.

145. *Hegges P.* Process intensification / P. Hegges // Chem. Eng. (Gr. Britt.). – 1983. – N 394. – P. 13.

146. *Van Soest P. J.* Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. / P. J. Van Soest, R. H. Wine // 4 Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. Anal. Chem. – 1968. – Vol. 50. – P. 50–55.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	7
1. НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ	14
2. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПТИЦЕ- ВОДСТВА	21
3. ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПРО- ДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА	29
3.1. Мясо птицы	29
3.2. Химический состав и питательная ценность яиц	38
4. ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВАРЕНИЯ У ПТИЦЫ	42
4.1. Строение и функции желудка птицы	43
4.2. Пищеварение в тонком отделе кишечника	46
4.3. Пищеварение в слепых кишках	54
5. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ У ПТИЦЫ	57
5.1. Углеводы	57
5.2. Белки	62
5.2.1. Белковые вещества тела птицы и продуктов их жизнедеятельности	64
5.2.2. Классификация белков	66
5.2.3. Свойства белков	67
5.2.4. Строение белков	70
5.2.5. Синтез белков в организме птицы	73
5.3. Аминокислоты	75
5.3.1. Состав, строение, классификация и номенкла- тура	75
5.3.2. Химические свойства	79
5.3.3. Физические свойства	85
5.3.4. Способы получения аминокислот	89
5.3.5. Биологические свойства отдельных амино- кислот	90
5.3.6. Заменяемые и незаменимые аминокислоты	93
5.3.7. Биосинтез аминокислот в организме птицы	95

5.3.8. Обмен аминокислот.....	97
5.4. Энергия	101
6. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНО- ЧАСТИЦ.....	109
6.1. Гидромеханические диспергирование	109
6.2. Диспергаторы с периодическим прерыванием потока ...	112
6.3. Ферментативные процессы переработки зерново- го сырья.....	120
6.4. Нанозообиотехнология переработки зернового сырья на кормовые нанодобавки.....	126
7. АКТУАЛЬНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	136
8. ПРОБИОТИКИ.....	151
8.1. Характеристика пробиотиков	154
8.2. Значение функционального питания в птицеводстве....	156
8.3. Производственные испытания молочно-кислой кормовой добавки	160
8.4. Использование МКД в качестве детоксиканта тя- жёлых металлов	162
9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУТОЛИЗАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОПРОДУКТОВ.....	171
10. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ НА АККУМУЛЯЦИЮ СВИНЦА И КАДМИЯ В ОРГА- НИЗМЕ ПТИЦЫ	175
11. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПО- ЛУЧЕНИЕ ЭКОПРОДУКТОВ.....	197
12. КРЕМНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ НАНОБИОТЕХНО- ЛОГИЙ.....	218
12.1. Классификация минеральных соединений кремния...	218
12.2. Кремний и нанотехнологии в биологических системах.....	224
12.3. Экспериментальное обоснование влияния крем- ния и высококремнистых минералов на обмен веществ у птицы.....	232

12.3.1. Физико-химические изменения минералов ...	238
12.3.2. Результаты балансовых опытов	247
12.4. Определение потребности сельскохозяйственной птицы в высококремнистых добавках при свобод- ном доступе к минералам.....	259
12.5. Определение оптимальной дозы диатомита в ра- ционе кур-несушек	269
12.6. Влияние различного уровня кислотных и щелоч- ных элементов в рационах высокопродуктивной птицы.....	280
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	292
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	295
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	297

Мотовилов Константин Яковлевич

**НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ
ЭКОПРОДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА**

Монография

Редактор *Т. К. Коробкова*
Оператор электронной верстки *В. Н. Зенина*

Подписано в печать 1 марта 2016 г. Формат 60 × 84^{1/16}.
Объем 15,0 уч.-изд. л., 19,7 усл. печ. л. Тираж 500 экз.
Изд. № 47. Заказ № 1541.

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru