

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ
(ГНУ СибНИИП)

Т.И. Бокова

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИННОВАЦИОННОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Новосибирск 2011

УДК 631.95:664
ББК 28.081:65.9(2).304.25
Б 786

Рецензенты:

д-р биол. наук, проф., засл. деятель науки РФ *В.М. Позняковский*;
д-р техн. наук, проф. *В.И. Бакайтис*;
д-р с.-х. наук, чл.-кор. Россельхозакадемии *В.Г. Шелепов*

Утверждена и рекомендована к изданию ученым советом
ФГБОУ ВПО НГАУ (протокол № 6 от 27 июня 2011 г.).

Т.И. Бокова

Б786 Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов: монография / Т.И. Бокова; Новосиб. гос. аграр. ун-т, СибНИИ переработки с.-х. продукции. – Новосибирск: Изд-во НГАУ 2011. – 284 с. – Табл. 48, ил. 18. – Библиогр.: 525 назв.

ISBN 978-5-94477-108-7

Рассмотрены вопросы влияния антропогенных факторов на живые организмы в лабораторных условиях, показана биологическая роль тяжелых металлов в организме животных, особое внимание уделено свинцу и кадмию как микроэлементам. Широко исследованы способы инактивации токсического действия металлов-микроэлементов в организме животных. Предлагается классификация детоксикантов, используемых в системе «корм – животное – продукт питания человека». Важная роль отводится экологическим подходам к созданию продуктов функционального назначения.

Книга представляет интерес для научных работников, экологов, специалистов в области пищевой промышленности, медицины, сельского хозяйства, аспирантов, магистрантов и студентов биологических и технологических специальностей и направлений.

УДК 631.95:664
ББК 28.081:65.9(2).304.25

© Т.И. Бокова, 2011
© ФГБОУ ВПО НГАУ, 2011
© ГНУ СибНИИП, 2011

ISBN 978-5-94477-108-7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автор выражает признательность своему научному руководителю и консультанту, директору ГНУ СибНИИП, члену-корреспонденту Россельхозакадемии, доктору биологических наук профессору К.Я. Мотовилкову за определение направления исследований, за обсуждение результатов, за совместную работу.

В книге обобщены результаты исследований Т.И. Боковой и ее аспирантов: кандидата биологических наук И.И. Бочкаревой, кандидата технических наук А.Т. Инербаевой, кандидатов биологических наук А.В. Смолякова, Д.Л. Носенко, О.С. Желтышевой, О.Г. Грачевой. Исследования проведены на базе Новосибирского государственного аграрного университета и ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт переработки сельскохозяйственной продукции в период 1998–2010 гг.

В первом разделе изложены вопросы влияния антропогенных факторов на живые организмы в лабораторных условиях. Он посвящен проблемам экологии, в нем представлены результаты экспериментальных исследований Т.И. Боковой и проведенных О.Г. Грачевой (НГАУ) и А.Т. Инербаевой (ГНУ СибНИПТИП) совместно с автором.

Второй раздел рассматривает корма как основной источник поступления антропогенных загрязнителей в организм животных и сельскохозяйственной птицы.

В третьем разделе изложены способы инактивации тяжелых металлов в организме животных и человека. Представлены результаты исследований, выполненных под руководством Т.И. Боковой научными сотрудниками А.Т. Инербаевой, Д.Л. Носенко, О.С. Желтышевой. Физиологический опыт по изучению влияния ряда полисахаридов как компонентов рыбных продуктов проведен и проанализирован Д.Л. Носенко. Плодово-ягодные гомогенаты как де-

токсиканты свинца и кадмия изучены и описаны О.С. Желтышевой.

В четвертом разделе представлены исследования по установлению влияния витамина D₃ на аккумуляцию тяжелых металлов в организме цыплят-бройлеров, которые проведены и описаны О.Г. Грачевой.

Предложена концепция классификации детоксикантов тяжелых металлов по происхождению, которая излагается в пятом разделе.

Шестой раздел посвящен созданию продуктов функционального назначения, их качеству и безопасности. Обсуждаются в том числе результаты, полученные О.Г. Грачевой, Д.Л. Носенко, О.С. Желтышевой.

Экспериментальные исследования по использованию селенсодержащих препаратов в птицеводстве проведены совместно с И.И. Бочкаревой, работы по применению пробиотиков с целью детоксикации тяжелых металлов – с А.В. Смоляковым. Большой вклад в разработку технологий инновационных продуктов питания внесла А.Т. Инербаева.

Автор выражает благодарность всем своим аспирантам и докторантам за совместное проведение и обсуждение исследований, представленных в данной работе. Ваш вклад в эти исследования неоценим.

Автор признателен Е.И. Шипиловой за помощь в подготовке рукописи к изданию.

Автор благодарит рецензентов: доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ В.М. Позняковского (КемТИПП), доктора технических наук, профессора В.И. Бакайтис (СибУПК), доктора сельскохозяйственных наук, члена-корреспондента Россельхозакадемии В.Г. Шелепова (СО Россельхозакадемии) за высказанные замечания и предложения по совершенствованию данного издания.

Книга предназначена для специалистов в области

экологии и производителей функциональных продуктов питания, а также представителей других специальностей, занятых изучением экологических вопросов, связанных с регулированием содержания тяжелых металлов в организме сельскохозяйственных животных и продуктах питания.

Мы будем признательны читателям за критические замечания и предложения по совершенствованию данного издания (b0k0va@mail.ru).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БВМД – белково-витминно-минеральная добавка
БАД – биологически активная добавка
ВСС – влагосвязывающая способность
ГК – гуминовые кислоты
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт
КС – комплексобразующая способность
ЛПКД – лечебно-профилактическая кормовая добавка
МДУ – максимально допустимый уровень
МО – микроорганизмы
МЭ – микроэлементы
МФ – модельный фарш
МКД – молочно-кислая добавка
НТД – научно-техническая документация
ОР – основной рацион
ПТГ – паратиреоидный гормон
ПВ – пищевые волокна
ПД – пищевые добавки
ПС – полисахариды
ПДК – предельно допустимая концентрация
РФ – рыбный фарш
ТЭ – токсичные элементы
ТМ – тяжелые металлы
ЭДТА – этилендиаминтетраацетат натрия
ЭМ – эффективные микроорганизмы

Посвящается учителю и наставнику
члену-корреспонденту Россельхозакадемии,
доктору биологических наук,
профессору *К.Я. Мотовилову*

ВВЕДЕНИЕ

В среду обитания сельскохозяйственных животных, в технологии их получения, выращивания и использования внедрились факторы, с которыми животные ранее не встречались. Прежде всего, это устойчивый повышенный фон в почве, кормах, воде тяжелых металлов, галогенов, диоксинов. Все ксенобиотики объединяет то, что, поступая в организм в больших количествах, они нарушают обмен веществ, и это ведет к снижению резистентности. Поэтому особое внимание в книге уделено процессам детоксикации тяжелых металлов. В монографии обобщены исследования отечественных и зарубежных авторов по вопросам, которые представляются нам наиболее актуальными.

На всех этапах прохождения через организм вещества претерпевают химические превращения, и токсичность их на каждом этапе может изменяться. Структуры, в которых накопление элементов максимально, как правило, повреждаются больше.

Определенную перспективу в качестве детоксикантов имеют препараты, которые обладают сорбционными, ионообменными и биологически активными свойствами. Они способствуют эвакуации металлов через ЖКТ, повышают иммунологическую сопротивляемость и биологическую защиту.

Эта проблема требует дальнейшего и более детального изучения. Сегодня актуальна разработка новых комплексных детоксикантов различного происхождения, уменьшающих концентрацию тяжелых металлов в организме животных и человека. Создание инновационных технологий продуктов питания с использованием биологически активных веществ представляется нам своевременным в научных исследованиях.

Потребление в пищу продуктов, содержащих тяжелые металлы, имеет опасные последствия. Особенно опасными считаются свинец, кадмий, никель, цинк, медь, хром.

Обнаруживается несоответствие максимально допустимого уровня по токсикантам в импортируемой продукции. Отмечены случаи превышения ПДК тяжелых металлов практически во всех видах продовольственного питания, включая детское.

При написании книги автор ставил перед собой задачу показать комплексный подход к созданию продуктов питания, безопасных для человека.

Проведено разностороннее исследование изменения концентрации свинца и кадмия в мышечной и костной ткани различных лабораторных животных на фоне раздельной и совместной интоксикации тяжелыми металлами при применении различных детоксикантов. Предложен ряд препаратов-детоксикантов для уменьшения аккумуляции антропогенных загрязнителей в организме.

Так, рекомендовано использовать в качестве детоксикантов тяжелых металлов полисахариды растительного происхождения, плодово-ягодные гомогенаты. Установлена целесообразность введения природных полисахаридов в продукты на основе рыбы, мяса птицы, сельскохозяйственных животных.

На основе собственных экспериментальных исследований сформулированы научные принципы и разработана концепция детоксикации антропогенных загрязнителей и классификация детоксикантов в системе «корма – животное – продукт питания человека», способствующие производству экологичных продуктов питания.

1. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

1.1. Тяжелые металлы как экологический фактор

Сегодня человечество в полной мере ощутило глобальный экологический кризис, который однозначно указывает на антропогенную токсикацию биосферы, на быстрое сокращение биоразнообразия, деградацию на огромных пространствах природных экосистем. По имеющимся данным, в процессе дальнейшего развития производительных сил антропогенная нагрузка на окружающую среду может удваиваться через каждые 10-15 лет. Так, в России около 15 % территории относится к зоне экологического неблагополучия (Баранников, 2005).

Только предприятия промышленности и сельского хозяйства ежегодно выбрасывают в окружающую среду миллионы токсических веществ и отдельных элементов: ртути, кадмия, свинца, фтора и т.п. При этом в системе «вода – почва – растения – животное – человек» мигрируют тяжелые металлы, пестициды, нитраты и нитриты и другие антропогенные загрязнители.

Увеличение количества химических компонентов среды, а также проникновение (введение) в нее химических веществ, не свойственных ей или в концентрациях, превышающих норму, включает в себе термин «химическое загрязнение». В настоящее время в природной среде находится около 7-8 млн химических веществ, причем их арсенал ежегодно пополняется еще на 250 тыс. новых соединений. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны 200 наименований (список составлен экспертами ЮНЕСКО). В него включены и тяжелые металлы (ртуть, кадмий, свинец) (Панин, 2002).

Важно отметить, что с экологических позиций те или иные компоненты вносятся не просто в воду, атмосферный воздух или почву – объектом загрязнения всегда является экосистема (биогеоценоз). Кроме того, избыток одних веществ в природной среде или просто наличие в ней других веществ (новых примесей) означает изменение режимов экологических факторов, так как вредные вещества и являются экологическими факторами. Следовательно, режим (состав) этих факторов отклоняется от требований экологической ниши того или иного организма (или звена в пищевой цепи). При этом нарушаются процессы обмена веществ, снижается интенсивность ассимиляции продуцентов, а значит, и продуктивность биоценоза в целом (Стадницкий, 2002).

Известно, что мир живой природы действует по принципу полной утилизации органических отходов благодаря функционированию гетеротрофов-деструкторов. Однако такие организмы способны разлагать не все соединения. Неразложившиеся вещества накапливаются в окружающей среде и нарушают жизнедеятельность живой системы, а при высоких нагрузках загрязнителей не исключается ее гибель. Накопление таких соединений осуществляется по закону прогрессивного накопления токсичных веществ в трофических цепях: концентрирование вещества в экосистеме или пищевой цепи возрастает на высших трофических уровнях по сравнению с низшими (Колесников, 2002; Околелова, 2005).

В зависимости от степени загрязнения окружающей среды экотоксиканты могут приводить к экологическому напряжению или к экологическому кризису среды, в результате чего нарушается весь цикл производства экологически безопасной продукции. Начальным элементом этой цепи является техногенная деятельность человека, затем почва, которая аккумулирует в себе экотоксиканты. Далее они могут мигрировать в растения (корма), затем в организм животных и в конечном итоге накапливаться в продукции животновод-

ства (Абрамова и др., 2002; Бокова, 2005; Детоксикация ..., 2005; Палагина, Шаманова, 2002; Симениоди, 2006).

В пищу ионы металлов могут попадать также из удобрений и из химических препаратов для защиты растений. К сожалению, нередко, обращая внимание на опасность использования сточных вод в сельском хозяйстве, упускают из виду и другую проблему, а именно наличие металлов в выпускаемых промышленностью удобрениях. Так, в 1973 г. в Швеции для удобрения почвы было использовано около 84 кт отстоев от сточных вод, но при этом в почву попало примерно 1260 кг кадмия (при пересчете на максимально допустимое содержание кадмия в отстое) (Давыдова, Тага-сов, 2002).

Проблема загрязнения окружающей среды, а в конечном счете и пищевых продуктов токсичными элементами коснулась и г. Новосибирска. При рассмотрении экологического состояния окружающей среды Новосибирской области за 2003 г. было выявлено, что особую опасность представляют загрязнения почв такими токсикантами, как ртуть, кадмий и свинец. В Октябрьском районе г. Новосибирска концентрация свинца в почвенных образцах в 2003 г. по сравнению с 2002 г. увеличилась в 3 раза. Содержание кадмия в сточных водах возросло на 0,07 т за счет МУП «Горводоканал» г. Новосибирска по причине перепрофилирования промышленных предприятий на выпуск другой, востребованной рынком продукции (Доклад ..., 2004).

При рассмотрении экологического состояния окружающей среды г. Новосибирска было выявлено, что из тяжелых металлов кадмий и свинец встречались в корнеплодах в количестве, превышающем норму (Ильин, Сысо, 2001).

Уровень загрязнения окружающей среды Западной Сибири продолжает оставаться высоким. Ежегодно Новосибирск и Омск спускают в бассейны Оби и Иртыша 600,0 млн м³ загрязненных сточных вод, а Новокузнецк,

Омск и Новосибирск выбрасывают в атмосферу свыше 1 млн т загрязняющих веществ (Изучение ..., 2006).

Расчеты, сделанные на основании официальных статистических данных о потреблении топлива субъектами Российской Федерации в 1993 г., показали, что при сжигании органического топлива (уголь, мазут, природный газ) в атмосферу России поступает примерно 400 т свинца.

Проблема ведения сельского хозяйства, обеспечивающего производство качественной продукции, требует разработки новых теоретических подходов и практических рекомендаций по созданию оптимальных соотношений между регулированием состояния природной среды и уровнем антропогенного воздействия.

Наиболее опасными, не разлагающимися элементами, токсичными даже в следовых количествах, согласно Комиссии ФАО/ВОЗ по пищевому кодексу (Codex Alimentarius), являются Hg, Cd, Pb, Sn, V, Mo, As, Co (Рейли, 1985; Phipps, 1976). В России в этот перечень добавлены такие металлы, как Sb, Ni, Cr, Al (Злочевский и др., 2002).

В отличие от органических соединений, подверженных в той или иной мере деструкции и биотрансформации, соединения ТМ не способны к подобным превращениям, а лишь перераспределяются между отдельными компонентами экосистемы. Они постоянно присутствуют в ней, т. е. способны сохранять свою токсичность бесконечно.

С экотоксикологической точки зрения, ионы ТМ не исчезают из биологического круговорота, их токсичность не уменьшается, а наоборот, по мере увеличения концентрации возрастает. Они обладают высокой кумулятивной способностью, поэтому их опасность заключается в возможных отдаленных последствиях, которые могут быть инициированы или спровоцированы опосредованным влиянием накопления металлов (Донченко, Надыкта, 2001; Колесников, 2002).

Отечественные и зарубежные исследования позволили-

ли опровергнуть суждения, что огромный объем Мирового океана ($1379 \cdot 10^6 \text{ км}^3$) и процессы естественного самоочищения приведут к уменьшению воздействия загрязняющих веществ на морские экосистемы в связи с разбавлением их морской водой. Распространению загрязняющих веществ на большие расстояния способствуют интенсивные течения. Соединения ТМ негативно воздействуют на самоочищение водоемов и оказывают токсическое влияние на гидробионтов, включая рыб (Muir et al, 92). По сообщению Нидерландского объединения защиты окружающей среды, ежегодно охотниками выстреливается свыше 400 т свинцовой дроби, из которой лишь 20 т попадает в дичь, а остальная остается в земле или на дне водоемов. Содержание ТМ в поверхностных и подземных водах подвержено сезонной динамике и зависит от приуроченности к гидрологическому району. В осенне-весенний период по сравнению с зимним концентрация свинца более высокая из-за характера питания рек (Тригуб, 2005).

Постоянно возрастающие масштабы эрозии почвы, уменьшение видового разнообразия флоры и фауны, унификация агроландшафтов и загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и другими токсикантами обусловлены деятельностью человека (Спринчак, 2005).

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят свыше 40 химических элементов таблицы Д.И. Менделеева с атомной массой, превышающей 50 атомных единиц.

Однако не все тяжелые металлы токсичны, так как в эту группу входят медь, цинк, молибден, кобальт, марганец, получившие название «микроэлементы» и имеющие важное биологическое значение в жизни теплокровных, растений и микроорганизмов. Поэтому микроэлементы и тяжелые металлы – понятия, которые относятся к одним и тем же эле-

ментам, основанные скорее на их количественном содержании в объектах окружающей среды (Черников и др., 2000).

Не все тяжелые металлы представляют одинаковую опасность для биоты. По своей токсичности, распространенности, способности накапливаться в пищевых цепях лишь немногим более 10 элементов признаны приоритетными загрязнителями биосферы, подлежащими первоочередному контролю. Среди них ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, медь, ванадий, олово, цинк, сурьма, молибден, кобальт, никель (Злочевский и др., 2002).

К настоящему времени установлены и действуют во всем мире предельно допустимые концентрации почти для всех металлических элементов и их соединений. СанПиН 2.3.2.1078-01 нормируют 4 токсичных элемента: свинец, мышьяк, кадмий и ртуть.

Техногенные источники поступления тяжелых металлов в экосистемы весьма разнообразны. Из техногенных источников тяжелые металлы поступают в окружающую среду в виде разнообразных соединений (Хотунцев, 2002; Helmut, 1986).

При участии разнообразных бактерий ртуть, мышьяк, кадмий, свинец способны метилироваться с образованием более токсических продуктов. В результате биотрансформации многих химических соединений образуются метаболиты, обладающие большей токсичностью, чем исходные соединения (Экологическая ..., 1997).

В атмосфере количество тяжелых металлов биологического происхождения зависит от антропогенного загрязнения среды. Последнее тоже приводит к возрастанию количества метилированных соединений тяжелых металлов ($(CH_3)_xM$ в атмосфере (Экологическая ..., 1997).

Из оценки годового поступления тяжелых металлов в атмосферу Европы следует, что по абсолютным величинам преобладающим является свинец. Однако если оценивать

антропогенный поток в атмосферу относительно запасов рассматриваемых элементов в литосфере, то первым в ряду окажется кадмий, а затем в порядке убывания свинец > мышьяк > цинк > никель > кобальт > селен (Елпатьевский, 1993).

С точки зрения экологического воздействия на окружающую среду большой интерес представляет определение доли водорастворимых форм рассматриваемых элементов в фоновых районах. Наиболее растворимыми из ТМ являются соединения кадмия. Даже в пыли металлургического предприятия, практически нерастворимой в воде, доля водорастворимого кадмия составляет 2% (для сравнения: Pb – 0,04%). Таким образом, большая часть металлов, поступающих на земную поверхность в отдаленных районах, находится в подвижном, биологически активном состоянии, поэтому они легко включаются в миграционные процессы, оказывая негативное воздействие на биоту (Панин, 2002).

Тяжелые металлы попадают в природные воды, причем не только с использованными промышленными, но и с дождевой водой, фильтрующейся через отвалы, особенно при авариях различных химических установок и хранилищ (Давыдова, 2002).

Именно почва подвержена воздействию различного рода загрязнителей, поступающих из атмосферы, поверхностных стоков и подпочвенных подземных вод. При постоянном внесении высоких доз органических, минеральных удобрений и пестицидов в почву могут поступить значительные количества тяжелых металлов. Содержание тяжелых металлов в удобрениях зависит от их накопления в сырье. Так, содержание кадмия в фосфатном сырье колеблется от 1 до 75 мг/кг (Овчаренко, 1995).

Анализ химических соединений почвы позволяет выделить главные группы форм соединений ТМ в почвах: прочносвязанные соединения в составе твердых фаз почвы; подвижные соединения в составе твердых фаз почвы; со-

единения в составе почвенного раствора; соединения в составе живого вещества (т.е. происходит потребление растениями) (Мотузова, 1999).

Одними из наиболее токсичных ТМ являются свинец и кадмий. Свинец – один из самых распространенных и одновременно опасных элементов в токсикологическом отношении (Galliers et al., 1975; Ewers, 1991; Баранников, Кириллов, 2005). Свинец находится в микроколичествах почти повсеместно. Отметим, что более чем у 30% жителей РФ выявляется повышенный уровень этого микроэлемента (Скальный, 2002).

При сжигании органического топлива (уголь, мазут, природный газ) на территории России в атмосферу поступает около 400 т свинца в год. Выбросы в атмосферу соединений свинца предприятиями лакокрасочной промышленности составляют примерно 20 т, стекольными предприятиями – 100-200 т/год. В производство консервных банок вовлечено 100-200 т свинца (Соколов, Черников, 1999; Эйхлер, 1993).

Существенные источники загрязнения окружающей среды свинцом – предприятия оборонной промышленности, полигоны твердых бытовых отходов. В настоящее время на свалках находится до 1 млн т свинца в отработанных аккумуляторах.

Поступление свинца в атмосферу от автотранспорта на территории России оценивается величиной около 4 тыс т, от ракетно-космической техники – 250-500 т/год. При переработке продуктов основным источником свинца является жестяная банка, которая используется для упаковки 15% пищевых изделий. Свинец попадает в продукт из свинцового припоя в швах банки. Установлено, что около 20% свинца в ежедневном рационе людей (кроме детей до года) поступает из консервированной продукции (Соколов, Черников, 1999; Скальный, 2000; Расуна, Hanssen, 1984).

Интерес к свинцу в медицине и биологии определяет-

ся почти исключительно его свойствами как кумулятивного яда. Основным путем поступления свинца в организм человека и животных является пищеварительный тракт. Свинец может поступать в организм и через легкие. Это относится в первую очередь к мелким аэрозольным частицам размером менее 0,5 мкм (Полянский, 1986).

Около 10% свинца, поглощенного с пищей, питьем и из воздуха, абсорбируется в желудочно-кишечном тракте. Установлено, что даже небольшое регулярное поступление свинца в организм, если оно продолжительное, приводит к хроническому заболеванию. Согласно докладу ВОЗ, продолжительное воздействие свинца при его концентрации в крови свыше 70 мкг/мл может привести к хронической необратимой нефропатии (Донченко, Надыкта, 2005, 1999).

Свинец – протоплазматический яд широкого спектра действия, вызывает нарушения ферментативных реакций, участвующих в синтезе гемоглобина, и витаминного обмена, снижение иммунобиологической функции организма. Для свинца и его соединений установлена предельно допустимая концентрация 0,01 мг/м³. При интоксикациях свинцом отмечается снижение реактивности иммунной системы по отношению к большинству бактериальных патогенов (Панченко и др., 2004; Neo et al., 1997).

Кадмий и его соединения очень ядовиты. Известны случаи смертельного отравления парами этого металла и его соединений. Кадмий – биологический конкурент цинка. В организме человека он снижает активность пищеварительных ферментов, угнетает синтез гликогена печени, нарушает функцию поджелудочной железы, снижает содержание в крови Fe, Ca, P, из-за чего тормозится рост костей, возникают сильные боли в пояснице и в мышцах ног, а также опасность частых переломов (Биологическое..., 1999).

Летучие соединения, проникая в дыхательные пути, вызывают гибель клеток слизистого эпителия. Однако ос-

новным источником кадмия является пища: овощи, злаковые, мясо, рыба, выловленная вблизи промышленных производств (Панченко и др., 2004).

При потреблении кадмия более 50 мкг в день развивается острое поражение почек, проявляющееся протеинурией (Satarug et al., 2000; Андрианова, 2001). При хроническом избыточном поступлении кадмия в организм происходит его связывание с белками, приводящее к нарушению их конформации, способности к выполнению нормальных функций. По данным Национального института здоровья США (1992), отмеченные токсические эффекты наблюдаются при поступлении кадмия в дозе более 3 мкг в день (Burtis, Achwood, 1999).

В настоящее время обсуждается роль кадмия в индукции рака легких и почек у курильщиков (Кудрин и др., 2000).

У животных токсические эффекты кадмия могут быть снижены при одновременном назначении витамина Е (Warren et al., 2000).

При введении в организм избыточных количеств кадмия нарушается обмен фосфора, кальция, железа, меди, угнетается синтез гемоглобина, резко снижаются запасы меди в печени и других органах. Повышенное потребление кадмия при недостатке в рационе меди приводит к гибели животных. Введение кадмия в рацион кур-несушек прекращает яйцекладку. Медь и цинк нивелируют или задерживают токсическое действие кадмия. Между кадмием и цинком во многих случаях наблюдается антагонизм (Матиосов, 2004).

Рассматривая вопрос о влиянии кадмия на организм, нельзя не отметить, что он принадлежит к числу микроэлементов и постоянно обнаруживается в организме животных и человека. Это дает основание предполагать, что накопление кадмия в ряде органов связано с их функцией. Обнаружено влияние кадмия на пепсин, трипсин, амилазу, каталазу, уреазу, аргиназу и др. (Златаров, 1937; Войнар, 1960).

Таким образом, свинец и кадмий являются одними из опасных токсичных элементов для организма человека. Их миграцию во всех компонентах биосферы следует рассматривать как экологический фактор.

1.2. Биологическая роль тяжелых металлов в организме животных

Биологическая роль каждого минерального элемента в организме специфична, и его наличие определяется пороговой концентрацией, превышение которой приводит к срыву регуляторных процессов биологических реакций, что проявляется биохимическими изменениями процессов обмена веществ, дисфункциями, морфологическими изменениями, эндемическими болезнями (Уразаев и др., 1985; Уразаев, 1990).

Крупными работами, в которых освещены вопросы метаболизма минеральных веществ в организме, усвояемость, распределение по органам и тканям, выведение из организма, являются монографии В.И. Георгиевского (1970), А. Хеннига (1976), В.Д. Кальницкого (1985).

Большинство химических элементов, относящихся к микроэлементам – тяжелым металлам, участвуют в поддержании гомеостаза, обеспечивая физиологические функции, регулирующие нормальную жизнедеятельность животных. С другой стороны, избыток кадмия, хрома, никеля, свинца, меди, железа в кормах приводит к таким патологиям, как нарушение ферментных систем, развитие слепоты, сатурнизм, билирубинемия и др. В итоге хозяйства страны ежегодно теряют около 250 тыс. животных (Исамов и др., 2003).

Наиболее характерен повреждающий эффект на плод от сочетанного воздействия токсикозэлементов (свинца, кадмия, ртути, никеля и др.) с нитратами, микотоксинами и другими ксенобиотиками. Систематическое поступление их в организм животных даже в небольших количествах (ниже ПДК), но при дополнительном стрессовом воздействии па-

тогенных возбудителей инфекции, неблагоприятном микроклимате создают предпосылки для токсического поражения плода. Далее токсиканты продолжают поступать в организм приплода через молозиво и молоко. По исследованиям Алтайской НИВС СО Россельхозакадемии, в 20-25 % образцов молозива коров содержание токсикозэлементов превышало МДУ в 2,5-12 раз, в молоке – в 3,5-10 раз (Кашин, 2001).

Прогнозировать отклик биологической системы только на основании информации об изменении уровня содержания какого-либо одного элемента в окружающей среде представляется весьма трудной задачей. Необходимо иметь информацию о совокупном воздействии элементов на биологические системы организма. Тяжелые металлы конкурируют между собой. Например, медь является антагонистом ртути и свинца, цинк конкурирует с ртутью, свинцом, марганцем и кобальтом, железо является антагонистом кадмия и свинца. Вместе с тем отмечается синергизм меди и марганца, кобальта и железа, свинца и марганца, железа и молибдена (Никаноров, Жулидов, 1991).

Представляется чрезвычайно важным тот факт, что микроколичества тяжелых металлов необходимы для нормальной жизнедеятельности организма. Эти элементы в минимальных количествах участвуют в функционировании ряда биологических систем: ванадий – в окислительно-восстановительных реакциях, катализе превращения эфиров, метаболизме железа; марганец – в фотосинтезе, метаболизме жиров и в синтезе мукополисахаридов; железо – в метаболизме кислорода как элемент, входящий в молекулы гемоглобина; хром является кофактором инсулина; кобальт входит в молекулу кобаламина (витамин B_{12}) и необходим для реакции метилирования; никель содержится в ферменте уреазе, стабилизирует структуру РНК, ДНК и рибосом; медь участвует в окислительно-восстановительных реакциях, содержится в ферментах; цинк входит в состав карбоксидазы,

дегидрогеназы, щелочной фосфатазы и др. (Ноздрюхина, 1977; Эйхенбергер, 1993; Kieffer, 1991; Savory, Wills, 1992).

Вредное воздействие ионов тяжелых металлов на биологически активные макроэлементы связано с различными процессами: вытеснением находящихся в них металлов токсическими металлами; связыванием части макромолекулы, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма; образованием биологических агрегатов, вредных для организма; деполимеризацией биологически важных макромолекул; направленным спариванием оснований нуклеотидов и появлением ошибок в белковых синтезах (Барышников И.И., Барышников В.И., 1997).

Жизненная необходимость свинца для животного организма была впервые доказана на крысах (Vallee, Ulmer, 1972) и подтверждена в серии исследований, выполненных 10 лет спустя (Miller, 1983). В то же время механизмы как токсического, так и физиологического действия свинца до настоящего времени изучены весьма слабо и раскрыты значительно хуже, чем для других жизненно необходимых микроэлементов.

Ионы непереходных металлов Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} образуют прочные комплексы с аминокислотами и другими биомолекулами, содержащими концевые тиогруппы (HS-) (Исидоров, 1999).

Сейчас установлено, что ионы ртути именно по этому механизму ингибируют более 100 различных ферментов (тиоловый яд). Другой важнейший механизм токсического действия ртути и свинца заключается в вытеснении эссенциальных металлов из металлосодержащих комплексов, приводящем к потере последними биологической активности (Friberg, Nordberg, 1979).

Особенно опасны с точки зрения ингибирования синтеза гема ионы Pb^{2+} . Они активизируют фермент гемокиназу, разлагающий гем, таким же действием обладают кобальт и кадмий.

Потеря организмом животного гема приводит к дефициту гемоглобина и развитию анемии (Kaul, Davidow, 1983).

Активация пероксидного и свободнорадикального окисления отмечена в случае ионов свинца, хрома, ртути, кадмия и других металлов. В результате такой активации повреждаются некоторые белки, нуклеиновые кислоты, липиды, а также биомембраны.

Таким образом, основными молекулярными и клеточными мишенями для ионов ТМ служат: гемосодержащие белки и ферменты; ферменты, участвующие в процессах конъюгации; системы пероксидного и свободнорадикального окисления липидов и белков, а также системы антиоксидантной и антипероксидной защиты; ферменты транспорта электронов и синтеза АТФ.

Тяжелые металлы проявляют токсический эффект в растворенном состоянии (в ионных формах). Малая растворимость основных минералов свинца и кадмия и др. явилась «виновником» того, что живые организмы не выработали в ходе эволюции механизмов их детоксикации, достаточно эффективных для противодействия современному уровню антропогенного загрязнения ими окружающей среды (Исидоров, 1999).

На модели белых крыс оценено комбинированное воздействие смесей металлов свинец – медь, свинец – цинк. С помощью гемолитического теста определяли их цитотоксическое действие, на уровне организма установлены среднесмертельные и пороговые дозы, кумулятивный эффект, влияние меди и цинка на кинетику свинца. Крысам однократно внутрибрюшинно вводили соли $PbAc_2$ и $ZnAc_2$, а также $CuSO_4$ в дозе от 0,05 до 0,25 ЛД₅₀, в результате чего были определены пороговые дозы, которые для $PbAc_2$ составили $220 \pm 20,5$ мг/кг, для $ZnAc_2$ – $65,5 \pm 9,6$, для $CuSO_4$ – $18,9 \pm 0,9$ мг/кг. Кинетику металлов изучали при введении их в количестве, равном 0,5 ЛД₅₀ (Рослый и др., 2001).

Комбинированное введение металла осуществляли в соотношении 1:1, через сутки после введения животное забивали и определяли содержание металла в моче, кале, печени, почках, бедренной кости. При инокуляции смеси свинца и цинка эффект был ослаблен в 2,5 раза по сравнению с их индивидуальным воздействием.

Острое отравление свинцом характеризуется снижением уровня гемоглобина, количества эритроцитов в крови, увеличением массы печени.

Коэффициенты функциональной кумуляции составляют: для свинца – $4,6 \pm 0,46$, цинка – $9,2 \pm 0,3$, меди – $25,4 \pm 3,5$, для смеси свинца и цинка – $3,2 \pm 0,19$, свинца и меди – более 25.

Выявлен антагонизм между компонентами смесей свинца и меди, свинца и цинка, т. е. гибель животных в этих группах не наблюдалась, отмечено ускоренное выведение свинца под влиянием меди и цинка. При введении одного $PbAc_2$ констатировалось повышение содержания этого металла в органах, особенно в печени и бедренной кости ($242,2 \pm 25,2$ и $12,7$ мкг/100 мг сухого вещества против $1,25 \pm 0,97$ и $4,10,7$ мкг/100 мг в контроле). При введении смеси свинца и меди количество ТМ в печени снижалось до $50,8$ мкг/100 мг, а в скелете возрастало до $17,4$ мкг/100 мг сухой ткани. При воздействии смеси свинца и цинка содержание свинца в печени уменьшалось, но увеличивалось в почках до $67,5 \pm 16,1$ мкг/100 мг против $14,4 \pm 2,7$ при введении одного свинца, т. е. при комплексном воздействии наблюдалось усиление экскреции свинца с мочой в 2 раза.

Сделан вывод, что цинк и медь значительно усилили выведение свинца с экскретом, способствовали его депонированию в костной ткани, снижая его токсичность (Рослый и др., 2001).

Процессы всасывания ядов, в том числе металлов, равно как их распределение в тканях и выделение из организма, осуществляются в результате проникновения через

множество пограничных поверхностей: эпителия верхних дыхательных путей и альвеол, слизистой желудочно-кишечного тракта, эндотелия сосудов, гистогематических барьеров, оболочек клеток, внутриклеточных органелл, а также через кожу (Тинсли, 1982).

Опасными являются высокие концентрации ТМ в объектах биосферы и их избыточное поступление в организм человека и животных, откуда эти металлы выводятся очень медленно, накапливаясь главным образом в почках и печени. Кроме того, постоянное потребление продукции даже со слабозагрязненных почв приводит к кумулятивному эффекту, т. е. к постоянному возрастанию содержания ТМ в живом организме (Миграция ..., 1980).

Профилактике специфических проявлений, возникающих в организме при избыточном поступлении токсических элементов с пищей, до сих пор не уделяется должного внимания. В последние годы вопросы экологии питания широко обсуждаются на разных уровнях (Nielsen, 1988; Смоляр, 1989; Безвредность ..., 1986).

В докладе о свинцовом загрязнении окружающей среды Российской Федерации подробно освещены источники поступления свинца и его соединений в окружающую среду, дан детальный анализ загрязнения свинцом окружающей среды, а также подробно описано влияние элемента на здоровье населения (Доклад..., 1997).

В обзоре А.О. Шепотько, В.А. Дульского, А.Н. Сутурина, И.С. Ломоносова и др. (1993) рассмотрены источники и пути поступления соединений свинца в организм млекопитающих, освещены вопросы токсического воздействия и судьбы металла в организме человека и животных.

Основным механизмом токсического действия свинца является влияние его на внутриклеточные процессы, опосредованные кальцием (Bersin, 1967). Сходство свинца в процессах отложения и переноса с кальцием обуславливает его

высокие концентрации в костной ткани. Содержание металла в костях мышей со временем увеличивается, а в мягких тканях – уменьшается (Spencer, 1995). Известно, что большинство ТМ оказывает выраженное иммуотропное действие, что может сказаться на состоянии здоровья людей, проживающих в районах с антропогенным загрязнением свинцом, хромом, кадмием, ртутью (Додина, 1998).

В работе В.А. Колесникова (1987) показана динамика накопления, распределения соединений свинца в организме, а также корреляционные отношения в 25 органах и тканях овец после трехмесячного орального поступления ацетата свинца в дозе 1,5 мг/кг живой массы в сутки. Изучена возможность использования шерстного покрова для прижизненной диагностики свинцовой интоксикации. Примерное соотношение соединений свинца в почках, печени и мышечной ткани 4,8 : 4,4 : 1 значительно облегчает и ускоряет установление уровня токсикозэлемента в этих органах и тканях при поступлении его в организм, позволяя определять его только в одном органе.

В.В. Устенко (1982) определял уровень содержания свинца в отдельных звеньях биологической цепи «почва – растение – животное» и изучал закономерность миграции элемента. Биологическое действие свинца изучали на телятах при введении ацетата свинца в различных концентрациях в течение 90 дней. Установлена связь между концентрацией элемента в крови и уровнем его содержания в легких, мышцах ($r=0,99$; $P\leq 0,01$), в печени, почках ($r=0,97$; $P\leq 0,01$) и мозге ($r=0,93$; $P\leq 0,02$).

Исследования показали, что увеличение поступления свинца в организм (до 30-кратного МДУ) не приводило к росту накопления свинца в мышцах кур (0,23-0,30 мг/кг) (Клепцина и др., 1999).

Особый интерес представляет накопление свинца в скелетной системе, поскольку последняя является основным

депо, из которого, как принято считать, свинец может периодически выделяться, вызывая рецидивы отравления. При остром отравлении и начальной стадии интоксикации свинец накапливается преимущественно под эпифизами и надкостницей (Filov, 1979), распределяясь в костях более равномерно при длительном поступлении в организм. При этом концентрация свинца в длинных костях значительно выше, чем в плоских. Депонированный в костях свинец может сохраняться там в течение всей жизни. У больных с острой энцефалопатией значительное количество свинца обнаруживается в цереброспинальной жидкости (Кеное, 1971).

Соединение свинца с белками происходит в первую очередь за счет свободных SH-групп. По этой причине свинец прочно связывается с металлотионеином, содержащим много цистеина (Левина, 1972). Однако считается не ясным, участвует ли этот белок в детоксикации свинца и способен ли свинец индуцировать синтез металлотионеина, как это установлено для цинка, меди, кадмия.

Кадмий принадлежит к числу микроэлементов, которые широко используются в технике. Его антропогенный вклад в 3 раза превышает вклад естественных источников. Высокий уровень кадмия в пищевых продуктах зависит от значительного загрязнения природной среды этим микроэлементом.

Основные пути поступления кадмия в организм – это ЖКТ и органы дыхания. Обмен кадмия характеризуется следующими основными особенностями:

- 1) отсутствием эффективного механизма гомеостатического контроля;
- 2) длительным удержанием в организме с необычно долгим периодом полувыведения (у человека 25 лет);
- 3) преимущественным накоплением в печени и почках;
- 4) интенсивным взаимодействием с другими двухвалентными металлами как в процессе всасывания, так и на тканевом уровне (Москалев, 1985; Авцын и др., 1991).

Всасывание кадмия происходит в тонкой кишке; величина всасывания для кадмия существенно выше, чем для меди и цинка, с которыми он, по-видимому, имеет общий транспортный механизм.

Способность кадмия проникать через плаценту имеет важное значение, так как этот микроэлемент в известных дозах обладает выраженным тератогенным свойством, нарушая поступление в плод других эссенциальных элементов. Нелетальные дозы кадмия вызывают уменьшение массы, длины тела, почек и печени.

При фоновых концентрациях кадмия в окружающей среде он накапливается в первую очередь в почках и печени. При повышенном содержании кадмия в среде его концентрация в почках клинически здоровых животных может возрастать в десятки и сотни раз и достигать у лошадей и крупного рогатого скота 160,2 и 116-74 мг/кг сухой массы соответственно (Вяйзенен и др., 1999).

Экскреция с калом представляет основной путь выделения кадмия из организма. Так, показано, что после однократной дачи металла козам через рот или после однократной или повторных доз коровам около 80-90 % введенного МЭ выделяется с калом на протяжении 14 дней после окончания воздействия. После внутривенного введения кадмия тем же животным около 5-6 % дозы выводится через кишечный тракт в течение 5-10 дней (Gut et al., 1984).

Показано, что у мышей и крыс содержание кадмия в шерсти качественно отражает его запасы в печени и почках. С молоком выделяется очень незначительное количество кадмия. Исследования на животных показали, что этот МЭ обладает сродством к белковой фракции молока, связываясь примерно в равных соотношениях с казеином и альбумином (Gut et al., 1984).

Для человеческого организма в целом период полувыведения кадмия тоже очень велик и составляет, по разным оценкам, 15-30; 18-38 и 10-30 лет (Авцын и др., 1991).

По своей способности индуцировать синтез металло-тионеина в печени ТМ можно расположить в ряд: кадмий > цинк > медь > ртуть; в почках он выглядит так: кадмий, ртуть > цинк > медь (Авцын и др., 1991).

Обнаружено влияние кадмия на ферменты углеводного обмена. При действии кадмия намечается тенденция к повышению в организме синтеза глюкозы и худшему её использованию, что способствует возникновению гипергликемии. Большинство отмеченных нарушений метаболизма, вызываемых кадмием, можно предупредить или нормализовать введением селена или цинка.

Подавляющее большинство исследований биологической роли кадмия посвящено его токсическому действию на организм животных и человека (Nriagu, 1990; Авцын и др., 1991). В последнее время, однако, также появились данные о жизненной необходимости этого элемента для животного организма. Было установлено, что этот МЭ в нетоксических концентрациях, свойственных нормальным рационам, стимулирует рост крыс (Levander, 1979). Еще более убедительные доказательства жизненной необходимости этого элемента были получены в Германии в опытах на козах, у которых дефицит кадмия в рационе (20 мг/кг) вызвал задержку роста и полового созревания (Schroeder, 1974).

Уже более 100 лет известно, что кадмий может вызывать острое отравление у животных и человека. Ряд авторов описали случаи острого отравления кадмием при его оральном поступлении в организм. При этом в основном поражается ЖКТ. Симптомы кадмиевого токсикоза сводятся к тошноте, рвоте, спазмам кишечника и диарее. Хотя острое отравление кадмием, иногда со смертельным исходом, имеет место в настоящее время, оно встречается реже, чем синдром хронической интоксикации этим МЭ. В многочисленных опытах на животных было показано, что хронический эффект кадмия проявляется в снижении массы тела, умень-

шении потребления пищи, анемии, протеинурии, появлении молодняка с врожденными уродствами (Piskator, 1976; Doyle et al., 1981).

Л.М. Михалева и А.П. Черняков (1989) изучали гистологию хронической кадмиевой интоксикации крыс, которым ежедневно внутрижелудочно вводили раствор хлорида кадмия в дозе 2,5 мг на 100 г массы тела в течение 12 недель. Масса крыс по мере увеличения срока интоксикации достоверно уменьшалась по отношению к контролю на 84 г с заметным уменьшением околопочечного жира. Гистологически в печени отмечены выраженная жировая дистрофия гепатоцитов и неравномерное полнокровие синусоидов. В почках обнаружены единичные коллабированные клубочки с утолщением наружного листка капсулы почечного клубочка, зернистая дистрофия и десквамация эпителиоцитов извитых канальцев, единичные гиалиновые цилиндры.

Наиболее тяжелой формой хронического отравления кадмием является болезнь итай-итай. Впервые она была обнаружена в 1946 г. в Японии. В 1948 г. было установлено, что основной причиной заболевания является остеомалация. В свою очередь, возникновение остеомалации связывают с дисфункцией проксимальных отделов почечных канальцев из-за отложения кадмия, в результате чего имеют место потеря минеральных элементов кости через почки и гиповитаминоз D (Piscator, 1976). Действительно, в эксперименте было показано, что в печени цыплят гидроксилирование витамина D подавляется кадмием. Это приводит к дефициту активной формы данного витамина (Barton et al., 1980).

В последние годы внимание исследователей привлекает воздействие кадмия на иммунную систему. Анализ литературы свидетельствует о влиянии кадмия на функцию защитных систем организма (Nielsen, 1988).

Кадмий оказывает выраженное действие на обмен ряда микроэлементов, в первую очередь цинка, железа,

селена. Это влияние проявляется на уровне ферментативных реакций, а также функции целого организма. Кадмий можно рассматривать как специфический антиметаболит цинка. Целый ряд токсических явлений, вызываемых действием кадмия, таких как гипертония, поражение кожных покровов, семенников, яичников, нервных ганглиев, удастся в эксперименте предупредить одновременной дачей цинка (Авцын и др., 1991).

При избытке кадмия происходит обеднение организма животных медью (Внутренние ..., 1994).

Низкие концентрации цинка (0,01–1 ммоль/л) повышают скорость всасывания кадмия в кишечнике крыс, что связано, по-видимому, с индукцией цинком биосинтеза металлотионеина. При более высоких концентрациях цинк тормозит всасывание кадмия (Hamer, 1993).

Ряды токсичности ТМ для водных организмов можно представить в следующей последовательности (летальная доза 50 мг/кг): ртуть > серебро > медь > цинк > никель > свинец > кадмий > мышьяк > хром > олово > железо > марганец (Bryon, 1971).

Металлы вообще, и в особенности ТМ, крайне токсичны для клеток. Изучая действие ТМ на живые организмы, необходимо учитывать ряд факторов:

- токсичность металлов зависит от того, накапливается этот металл в организме или нет. К накапливающимся металлам относятся ртуть, свинец, кадмий, никель, цинк;

- токсичность металлов зависит от их совместного воздействия. Если кадмий попадает в среду, где есть цинк, медь, то общее токсическое действие трех металлов резко усиливается (синергизм) (цинк и кадмий, медь и кадмий – антагонисты);

- для поглощения металлов, растворенных в воде, сильное ингибирующее действие оказывает жесткость воды. Чем выше жесткость, тем меньше поглощение ТМ (Вяйзенен и др., 1997).

Окружающая среда влияет на поглощение металлов. Действие ТМ в природных условиях существенно зависит от их форм. В соленой воде кадмий и свинец менее токсичны, чем в пресной (Мур, Рамамурти, 1987).

Металлы могут трансформироваться и накапливаться в организме: образование комплексов, разрыв или возникновение связей с углеродом (метиляция или деметиляция), что приводит к снижению токсичности ТМ. Депо кадмия – почки, ртути – печень, свинца – костный скелет (Экологическая ..., 1997).

Недавние исследования показали, что механизм комбинированного воздействия металлов на организм неоднозначен и не ограничивается как простым суммированием эффектов, так и более сложными отношениями антагонизма – синергизма. На различные системы организма комбинация элементов оказывает разное воздействие (Кроль, 2000).

По интенсивности поступления в организм сельскохозяйственных животных ТМ можно расположить в следующем порядке: цинк > свинец > хром > кобальт > никель > железо (Исамов и др., 1998). Миграция ТМ в трофической цепи животных имеет сезонную динамику. Максимальные коэффициенты перехода (КП) из рациона в продукты животноводства (молоко, мясо) отмечаются в пастбищный период содержания животных.

В ряде исследований отмечены особенности накопления свинца и других тяжелых металлов во внутренних органах и тканях, а также степень самоочищения организма животных и птицы (Войнар, 1960; Рабинович, 1999; Сироткин и др., 1995; Barry, 1970; Barton et al., 1980; Dulka, Risby, 1976).

Таким образом, ряд биологических функций металломикроэлементов достаточно изучен. Роль таких элементов, как кадмий и свинец, изучена неполно. Достаточно спорным остается вопрос о месте их депонирования в органах и тканях птицы, животных и защитных свойствах организма.

1.3. Свинец и кадмий как микроэлементы

Известно, что все неживые и живые тела на Земле построены из элементов, входящих в периодическую систему элементов Менделеева. Из 105 элементов этой системы 92 встречаются в земной коре, 86 – в составе живых организмов. Часть химических элементов является естественной структурной составляющей, другая привнесена извне, чаще всего как антропогенное загрязнение из окружающей среды (Георгиевский, 1970).

К группе достаточно распространенных и потенциально опасных для человека элементов, согласно Комиссии ФАО/ВОЗ по пищевому кодексу (Codex Alimentarius), относят Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Zn, Fe, Co, Mn, Mo, Ni, V. Однако для некоторых из этих элементов (Zn, Fe, Cu) доказана их биологическая роль (Doyle, Spaulding, 1978).

Согласно мнению академика А.И. Вернадского (1989), биологическая значимость допустима для всех элементов, встречающихся в природе.

Возможно допустить, что и другие элементы в микроколичествах необходимы организму для нормального функционирования, но при излишних поступлениях могут накапливаться в организме и вызывать токсические эффекты. Есть данные о том, что кадмий и свинец в очень малых концентрациях могут быть необходимыми (Кузубова и др., 2000; Авцын и др., 1991; Мудрый, 1997).

По данным А. Войнара, свинец постоянно входит в состав организмов животных и человека и может быть обнаружен в органах плода. Очевидно, в тех концентрациях, в которых он находится в организме, свинец не обладает токсичным действием (Войнар, 1960).

Кадмий также постоянно встречается в растительных и животных организмах (Смоляр, 1989; Ильин, 1991).

Эссенциальность кадмия для организма млекопитающих была впервые продемонстрирована с помощью пластикового «изолятора» (Schwarz, Spallholz, 1975).

Жизненная необходимость свинца для живого организма была впервые доказана К. Schwarz в 1974 г. При дефиците свинца в организме наблюдалась задержка роста крыс на 10-12% (Schwarz, 1975).

Убедительное подтверждение жизненной необходимости свинца было получено М. Kirchgessner и А.М. Raichlmayer-Lais (1982). Авторы проследили влияние дефицита этого элемента на трех последовательных поколениях крыс. Было отмечено снижение гематокритного числа и концентрации гемоглобина на 10-15%, а в дальнейшем – на 22-28% при снижении живой массы на 20% (Оксенгендлер, 1991).

Исследованиями было установлено наличие физиологического синергизма между железом и свинцом при низких концентрациях последнего. У всех животных при дефиците свинца оказалось пониженное содержание железа в крови. Признаки недостаточности железа исчезли при включении в рацион животных свинца.

Современная аналитическая техника позволяет снижать пределы обнаружения элементов, кроме того, результаты научных исследований относят некоторые элементы к группе необходимых, хотя последние при употреблении в больших количествах могут оказать токсическое действие. Так, например Fe, Cu, Zn, а в последнее время и Se, относятся к жизненно необходимым элементам питания. Однако при избыточном поступлении эти элементы способны вызывать серьезные нарушения в деятельности организма (Гадаскина и др., 1975; Гераймович, 1991; Гигиенические ..., 1980; Кузубова и др., 2000; Telisman, 1995).

Загрязнение свинцом и кадмием происходит одновременно, так как источники попадания свинца и кадмия в объекты окружающей среды часто одни и те же. Природные источники этих металлов не играют значительной роли в этом процессе. Основное загрязнение связано с антропогенным воздействием (Смоляр, 1989; Абрамова и др., 2002; Гильденскиольд, 1992).

Пути проникновения свинца и кадмия в организм также идентичны – пищевые продукты, атмосферный воздух (Габович, Припутина, 1987).

Оба металла способны встраиваться в пищевые цепи. Из почвы тяжелые металлы легко переходят в растения. Есть предположение, что почвенные организмы способны переводить «нерастворимый в воде» металл в доступную для растений форму. Наличие свинца и кадмия было обнаружено во всех частях растений. Значительное количество тяжелых металлов обнаруживается и в кормах растительного происхождения, что является причиной накопления тяжелых металлов в продукции животноводства. С эколоко-сикологической точки зрения ионы тяжелых металлов не исчезают из биологического круговорота, их токсичность не уменьшается, а наоборот, по мере увеличения концентрации возрастает, тем более что они обладают высокой кумулятивной способностью, поэтому их опасность заключается в возможных отдаленных последствиях, которые могут быть инициированы опосредованным влиянием накопления тяжелых металлов (Альберт, 1971; Гильденскиольд и др., 1992; Овчаренко, 1995; Ильин, Сысо, 2001; Донченко, Надькита, 2001; Колесников, 2002; Jamall, Smith, 1985).

Биологическая связь «почва – растение – животное – человек», согласно закону «токсического накопления», свидетельствует о том, что максимальное накопление в трофической цепи приходится на плотоядных. Поступление таких продуктов в рацион человека является на сегодняшний день одной из важнейших проблем, требующих решения (Гада-скина, Толоконцев, 1988; Реймерс, 1994; Протасова, 1998; Бокова, 2004).

Одновременное воздействие нескольких тяжелых металлов, поступающих в организм из объектов окружающей среды с пищевыми продуктами, оказывает комбинированное воздействие на организм животного. Теоретически

возможны четыре варианта токсического действия: суммирование эффектов; сверхсуммирование или потенцирование, когда токсический эффект превышает суммирование; нигилизация, когда эффект меньше, чем при суммировании; изменение характера токсического действия (Рогов и др., 2007). В литературе встречаются противоречивые данные о совместном воздействии этих элементов. Однако известно, что каждый из них влияет на обмен таких жизненно необходимых элементов, как цинк, медь, железо, кальций, селен (Основы ..., 1976).

При поступлении кадмия в среду, где уже есть смесь цинка и меди, общее токсическое действие трех металлов резко усиливается. Известен также антагонизм для некоторых групп металлов: медь – свинец, медь – кадмий, цинк – кадмий. Присутствие марганца и железа в воде ингибирует поглощение кадмия. Повышенная жесткость воды снижает поглощение тяжелых металлов, это связано со связывающим эффектом ионов кальция и магния (Дьяченко, 1964; Авцын и др., 1991; Ершов, Плетнева, 1989, Stoepeer Marcus, 1991; Stooks, Davies, 1964).

В настоящее время свинец вызывает повышенный интерес как приоритетный загрязнитель окружающей среды, ежегодные промышленные и транспортные выбросы которого превышают $4,5 \cdot 10^5$ т в год (Свинец ..., 1978; Перязева и др., 2001).

Интерес к свинцу в медицине и биологии определяется его свойствами как кумулятивного яда, известного человечеству еще с античных времен (Израэль, 1984).

В норме содержание свинца в пищевых продуктах колеблется в пределах 0,02-3 мг/кг вещества, в питьевой воде – 0,01-0,03 мг/л и атмосфере – 0,03-0,7 мкг/м³.

Значительное, зачастую превышающее естественный фон, содержание свинца в пищевых продуктах обусловлено его антропогенным происхождением. В настоящее время

в роли токсикантов окружающей среды выступают, прежде всего, алкильные соединения свинца, которые примешивают к автобензину в качестве антидетонаторов (Трахтенберг и др., 1994; Додина, 1998; Svensson et al., 1987).

На территории города ведущим путем поступления тяжелых металлов в окружающую среду является атмосферный. В зонах же сельского хозяйства наибольшую опасность представляют загрязненные водные потоки и отходы, применяемые в качестве удобрений, мощным источником поступления тяжелых металлов в водоемы служат неочищенные стоки промышленных предприятий. Таким образом, человек подвергается опасности воздействия токсических концентраций тяжелых металлов через пищевые цепи: «почва – растения – животные – продукт питания» (Доклад ..., 1997; Эйхлер, 1993; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Основным путем поступления свинца в организм человека и животных является пищеварительный тракт. Всасывание соединений этого металла зависит в первую очередь от их растворимости и составляет 5-15% от его содержания в рационе. Хорошо усваивается свинец в виде ацетата, хлорида, окиси и тетраэтила. Часть свинца, поступившего с пищей, превращается в хлорид и комплексы с желчными кислотами, которые всасываются как таковые. Желчь стимулирует транспорт свинца через эпителий слизистой оболочки (Трахтенберг и др., 1994; Барышников И.И., Барышников В.И., 1997; Лужников, Костомарова, 1989).

У молодых животных всасывание свинца из желудочно-кишечного тракта повышено, этим и можно объяснить их большую чувствительность к токсическому действию свинца (Трахтенберг и др., 1994).

Существенную роль в ассимиляции свинца играют и сопутствующие компоненты питания, среди которых особое значение имеют минеральные вещества – кальций, фосфор, железо, цинк (Андрушайте и др., 1986; Протасова, 1998; Лойт, Савченков, 1996).

Усвоение свинца усиливается при полном или частичном голодании. Поступивший в кровь свинец быстро распределяется по органам, затем происходит перераспределение. Образуются два обменных пула свинца: быстрый – кровь и мягкие ткани, медленный – скелет (Barton et al., Conrad, 1980).

Физиологическая норма свинца в разных тканях и органах человека имеет следующие значения (в микромолях на 1 л): в легких – 0,19, в мышцах – 0,29, в мозге – 0,49, в почках – 0,52, в печени – 0,84, в крови – 1,3, в коже – 1,5, в костях – 5,3. Концентрация свинца в костях на 1-2 порядка выше, чем в других органах, что указывает на остеотропность этого элемента (Войнар, 1960; Скальный и др., 2002а).

У млекопитающих основным путем выведения свинца из тканей являются почки.

Свинец может поступать в организм и через легкие. Это относится в первую очередь к мелким аэрозольным частицам размером $<0,5$ мкм. Некоторая их часть может поглощаться легочными макрофагами (Эйхлер, 1993).

Одним из наиболее коварных последствий действия неорганических соединений свинца является его способность заменять кальций в костях и служить постоянным источником отравления в течение длительного времени.

Свинец откладывается в костях сначала в легкорастворимой форме, затем превращается в трифосфат. Обмен этого элемента во многом аналогичен обмену кальция. В ситуациях, ведущих к деминерализации кости, происходит мобилизация свинца из его костных депо, способная привести к свинцовому токсикозу (Трахтенберг и др., 1994).

Механизм токсического действия свинца определяется по двум основным направлениям:

- блокада функциональных SH-групп белков, что приводит к ингибированию многих жизненно важных ферментов;
- проникновение свинца в нервные и мышечные клет-

ки, образование лактата свинца путем взаимодействия с молочной кислотой, затем фосфатов свинца, которые создают клеточный барьер для проникновения в нервные и мышечные клетки ионов кальция (Габович, Припутина, 1987; Левина, 1972).

При свинцовом токсикозе поражаются в первую очередь органы кроветворения, нервная система, почки.

Содержание свинца в крови отражает нагрузку им организма. Более 90% свинца, присутствующего в крови, связано с эритроцитами. Основным эритроцитарным белком, связывающим свинец, является гемоглобин. Свинец, присутствующий в плазме, комплексируется преимущественно с трансферрином в тех же участках, которые связывают железо. При свинцовом токсикозе возникновение анемии обусловлено сокращением продолжительности жизни эритроцитов, подавлением синтеза глобина и гема (Castellino, Alog, 1964; Палесский и др., 1979; Зербино, Поспошил, 1990) .

Свинец способен к образованию комплексов с белковыми группами аминокислот, например, с аминогруппой аминокислот, карбоксильной группой глутаминовой и аспарагиновой кислот, феноксигруппой тирозина и имидазолом гистидина (Левина, 1972; Cherian, 1979).

Всасывание свинца снижается при высоком содержании кальция в пище и наоборот. Высокое содержание свинца в пище снижает концентрацию кальция в плазме крови после ее кратковременного подъема (Ершов, Плетнева, 1989; Лойт, Савченков, 1996).

Хорошо известен физиологический антагонизм между свинцом и железом. Повышенное содержание железа в пищеварительном тракте ограничивает всасывание свинца в связи с конкуренцией за общие акцепторные участки на слизистой оболочке (Трахтенберг и др., 1994).

Другим физиологическим антагонистом свинца является цинк, который ослабляет токсическое действие свинца и снижает его содержание в тканях животных.

Кадмий является одним из наиболее редких элементов земной коры. В природе он в свободном виде не встречается и не образует специфических руд. Его получают как сопутствующий продукт при рафинировании цинка и меди (Авцын и др., 1991).

Кадмий принадлежит к числу микроэлементов, которые используются в технике, особенно в металлургии. Наибольшие поступления кадмия в атмосферу связаны с работой сталелитейных заводов (34 т в год) и сжиганием разнообразных отходов (31 т в год). Таким образом, в глобальном обогащении окружающей среды кадмием антропогенный вклад в три раза превышает вклад естественных источников (Рейли, 1985; Ревелль П., Ревелль Ч., 1995).

Кадмий отличается высокой кумулирующей способностью в организмах теплокровных животных и человека. Он, как один из наиболее вредных токсикантов, попадая в почву, адсорбируется корневой системой растений, накапливается в них и по пищевым цепям поступает в организм животных и человека (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Кадмий ..., 1997; Elinder, 1979).

Сигаретный дым – еще один источник отравления кадмием. В средних широтах земного шара примерно 80% кадмия поступает в организм человека с овощами, в странах Юго-Восточной Азии наибольшее количество кадмия поступает с рисом.

В нормальных геохимических провинциях содержание кадмия в растительных продуктах варьирует от единиц до десятков микрограммов на 1 кг. В отдельных продуктах обнаружены следующие концентрации, мкг/кг: в зерновых – 28-95, горохе – 15-19, фасоли – 2-5, картофеле – 5-12, капусте – 2-26, помидорах – 10-30, салате – 5-31 (Габович, Припутина, 1987).

Кадмий обнаруживается также и в продуктах животного происхождения. Так, в коровьем молоке концентрация

кадмия может составлять 2,4 мкг/л, в яйцах – 20 мкг/кг, твороге – 60, в мышечной ткани животных и птиц – 6-90 мкг/кг. Значительно выше уровень кадмия в печени и почках животных. По некоторым данным, в печени содержится 40-200, в почках – 33-250 мкг/кг (Некоторые ..., 1993).

В человеческом организме накапливается примерно 30 мг кадмия, из которых 33% находится в почках, 14 – в печени, 2 – в мышцах, – 0,3% в поджелудочной железе.

Всасывание кадмия в респираторном тракте зависит от химического соединения, размера частиц и их растворимости. Кадмий, присутствующий в табачном дыме, усваивается на 50%. При выкуривании одной пачки сигарет в организм курильщика поступает около 1 мкг кадмия (Ершов, Плетнева, 1989).

Величина всасывания для кадмия существенно ниже, чем для меди и цинка, с которыми он, по-видимому, имеет общий транспортный механизм.

При фоновых концентрациях кадмия в окружающей среде он накапливается в первую очередь в почках и печени (Vallee, Ulmer, 1972).

Обмен кадмия характеризуется следующими особенностями: отсутствием эффективного гомеостатического контроля; длительным удержанием в организме и необычно долгим периодом полувыведения; преимущественным накоплением в печени и почках; интенсивным взаимодействием с другими двухвалентными металлами как в процессе всасывания, так и на тканевом уровне (Кузубова и др., 2000; Croppel, 1969; Friberg et al., 1974, 1979).

Механизм токсического действия кадмия связан с его взаимодействием с карбоксильными, аминными и в большей степени с сульфгидрильными группами белков. Кроме этого, он является антагонистом цинка, кобальта, селена, ингибируя активность ферментов, содержащих указанные металлы. Известна способность кадмия в больших дозах нарушать обмен железа и кальция (Ревелль П., Ревелль Ч., 1995).

Это влияние кадмия проявляется на уровне ферментативных процессов, всасывания, отложения и выделения элементов, а также функции целого организма. Кадмиевое отравление в значительной степени зависит от его взаимоотношения с цинком. В связи с близостью строения атомов обоих элементов и сходством образуемых ими тетраэдрических комплексов кадмий способен замещать цинк в хелатах этого металла (Castellino, Aloj, 1964; Doganoc, 1996).

При избытке кадмия происходит обеднение организма медью, и животные погибают с выраженными признаками недостаточности меди.

Кадмий снижает активность пищеварительных ферментов – трипсина и пепсина. Установлена возможность включения кадмия в комплекс с ферментами: Cd – щелочная фосфатаза, Cd – карбоксипептидаза, Cd –цитохромоксидаза. Кадмий влияет на углеводный обмен, вызывая гипергликемию, угнетает синтез гликогена в печени (Богомазов, 1985; Внутренние ..., 1994; Chowdhury, Chandra, 1987).

Кроме того, кадмий блокирует синтез витамина D (Ершов, Плетнева, 1989).

Высокие дозы кадмия вызывают тяжелые расстройства функций организма, связанные отчасти с нарушением ферментативной активности. Он инактивирует множество ферментов, так как оказывает блокирующее действие на сульфгидрильные, аминные и карбоксильные группы (Сорока и др., 1991; Хмельницкий, 1987).

Отмечены тератогенный, мутагенный и канцерогенный эффекты кадмия (Слободян, 1975, Некоторые ..., 1993).

Способность кадмия проникать через плаценту имеет важное значение, так как в известных дозах он способен нарушать поступление в плод других эссенциальных микроэлементов, не затрагивая однако при этом транспорт сахаров, аминокислот и предшественников нуклеиновых кислот (Казачков и др., 1992; Wade et al., 1993; Wood, 1974).

Нелетальные дозы кадмия вызывают уменьшение массы и длины тела, почек и печени плода. Известно, что работающие в контакте с кадмием в промышленности достоверно чаще умирали от рака легких и простаты. Риск заболевания раком возрастает с длительностью контакта с кадмием и его солями (Мур, Рамамурти, 1987; Wade et al., 1993).

Биологической функцией металлотионеинов является участие в гомеостазе необходимых элементов – цинка и меди. Кадмий, взаимодействуя с металлотионеином, может нарушить гомеостаз биогенных меди и цинка (Shimada Tacamichi, 1992).

Избыточное поступление кадмия, как и цинка, вызывает усиленный синтез металлотионеинов в кишечнике, печени, почках (Ершов, Плетнева, 1989; Черных, 1995; Chergian, 1979).

Металлотионеины участвуют в транспорте кадмия в крови (перенос от одного органа к другому) через клеточную мембрану и через эпителий.

С молоком выделяется незначительное количество кадмия. Исследования на животных показали, что этот металл обладает сродством к белковой фракции молока, связываясь примерно в равных соотношениях с казеином и альбумином (Исамов и др., 1998).

Кадмий способен повышать кровяное давление и вызывать сердечные заболевания.

Известно, что при повреждении почек вследствие отравления кадмием могут возникать вторичные проявления, заключающиеся в нарушении минерального состава костей (Кузубова и др., 2000).

Было установлено, что основной причиной заболевания является остеомалация. В свою очередь, возникновение остеомалации связывают с дисфункцией проксимальных отделов почечных канальцев из-за отложения кадмия, в результате чего имеют место потери минеральных элементов кости через почки и гиповитаминоз D (Barton et al., 1980).

Болезнь характеризуется деформацией скелета с заметным уменьшением роста, поясничными болями, болезненными явлениями в мышцах ног. Кроме того, отмечаются частые переломы, размягчения костей, а также нарушение функции поджелудочной железы, изменения в желудочно-кишечном тракте, гипохромная анемия, дисфункция почек, пониженный уровень железа, кальция и неорганического фосфора в крови, высокий уровень щелочной фосфатазы.

Это свидетельствует о том, что в организме млекопитающих нет гомеостатического механизма, способного регулировать уровень кадмия (Ломоносов, 1990).

Период полувыведения этого металла составляет, по разным источникам, от 10 до 40 лет, поэтому даже следам кадмия, если они систематически попадают в организм, надо уделять самое серьезное внимание (Изучение ..., 2006; Рейли, 1985).

Установлено, что токсическому действию кадмия наиболее подвержены живые организмы в эмбриональной стадии развития и новорожденные (Нюкканов, Колесников, 2004). Количество токсиканта, попадающего в организм человека, зависит не только от потребления им кадмийсодержащих пищевых продуктов, но в большей степени от качества его диеты. В частности, железо может заметно изменить аккумуляцию кадмия. Его достаточное количество в крови, по-видимому, тормозит накопление кадмия. Кроме того, большие дозы витамина D и C действуют как противоядие при отравлениях кадмием, а недостаток меди, цинка, марганца наоборот, усиливает токсическое его действие (Донченко, Надыкта, 2001; Рейли, 1985).

В организме кадмий накапливается в первую очередь в почках (концентрируясь преимущественно в корковом слое); после достижения пороговой концентрации около 0,2 мг на 1 г массы почек появляются симптомы тяжелого отравления и характерного повреждения почечных каналь-

цев, сопровождающегося протеинурией и повышенной экскрецией с мочой (Авцын и др., 1991; Андрианова, 2001; Ершов и др., 2000; Кузубова и др., 2000; Хмельницкий, 1990).

Также доказано канцерогенное влияние металла на организм путем прямого повреждения генетического аппарата и действия на нуклеиновые кислоты. Повышенные дозы кадмия ведут к нарушению функции всей центральной нервной системы, потере аппетита, снижению роста, анемии, разрушению костной ткани – остеомалации (болезнь итай-итай), изменению простаты, потере обоняния, заболеваниям легочной системы, нефритам и нефрозам, нарушениям белкового, витаминного и фосфорно-кальциевого обменов (Андрианова, 2003; Eichorn et al., 1974; Piscator, 1976).

Всемирная организация здравоохранения считает максимально допустимой величину поступления кадмия для взрослых людей 500 мкг в неделю, т.е. ДСП – 70 мкг/сут, а ДСД – 1 мкг/кг массы тела (Донченко, Надыкта, 2001).

Экскреция с калом является основным путем выведения кадмия из организма – до 80-90%. Но при нарушении работы почек в результате длительного поступления токсиканта происходит освобождение органа от накопленного элемента и в результате наблюдается резкий скачок выделения кадмия с мочой. Волосы также представляют собой дополнительный экскреторный путь и могут содержать его от 0,5 до 3,5 мкг/г (Авцын и др., 1991; Колаковский, 1990; Изучение ..., 2006; Кузубова, 1990).

С целью изучения влияния свинецсодержащих соединений на организм бройлеров нами был поставлен опыт на 5 группах цыплят (одна из которых контрольная). В корма 1-4-й опытных групп вводили соль свинца (II) в различных дозах. Первая опытная группа получала МДУ свинца (5 мг/ кг корма), вторая – 1,25 МДУ, третья – 1,5 МДУ, четвертая – 2 МДУ. Опыт проводился в течение 2 месяцев. Клинических признаков интоксикации цыплят по отношению к контролю установлено не было.

Токсикоэлемент присутствовал во всех органах и тканях цыплят-бройлеров. Наибольшее содержание свинца отмечено в перьях по всем группам (0,478 – 1,464 мг/кг), вторым депо, где накапливался свинец, являлась костная ткань (0,283 – 0,450 мг/кг). То, что свинец находится в этих органах в максимальных количествах, можно рассматривать как один из механизмов детоксикации организма, так как в костях ионы свинца находятся в виде нерастворимых соединений и не являются токсичными (Авцын и др., 1991; Некоторые ..., 1993).

Минимальная концентрация ионов свинца была отмечена в крови (0,063 – 0,136 мг/кг). По остальным органам и тканям не было выявлено четкой зависимости. У птиц контрольной группы установлена следующая последовательность накопления: жир (0,142 мг/кг) < печень < почки < мышцы < сердце (0,275 мг/кг); 1-й группы – жир (0,163 мг/кг) < мышцы < печень < сердце < почки (0,342 мг/кг); 2-й группы – печень (0,309 мг/кг) < сердце < мышцы < жир < почки (0,365 мг/кг); 3-й группы – печень (0,335 мг/кг) < жир < мышцы < почки < сердце (0,429 мг/кг); 4-й группы – мышцы (0,372 мг/кг) < печень < сердце < почки < жир (0,674 мг/кг).

Таким образом, было установлено, что при хроническом оральном поступлении соли свинца (II) в различных дозах происходит накопление токсикоэлемента во всех тканях, причем основными органами, где кумулируется свинец, являются перо и костная ткань, что согласуется со многими литературными данными (Гигиенические ..., 1980; Жуленко и др., 1985; Колесников, 1987).

Кроме того, прослеживается зависимость уровня аккумуляции металла в зависимости от содержания его в корме: чем выше содержание в корме, тем больше аккумулируется свинец в органах и тканях, что также согласуется с литературными данными (Бондарчук, 1997; Пешков, 1987; Шепотько, Дульский, 1993), но не со всеми (Клепцина и др., 1999).

Оценивая экологическую чистоту полученной продукции от опытных групп бройлеров по уровню ПДК, следует отметить, что по содержанию свинца требованиям экологической безопасности отвечают 1-3-я опытные группы. Содержание свинца в некоторых органах 4-й опытной группы превышает ПДК.

По результатам исследований установлено, что уровень свинца в рационе оказал отрицательное влияние на динамику живой массы и интенсивность роста бройлеров. Среднесуточный прирост цыплят-бройлеров 2-й опытной группы был ниже, чем в контроле, на 3,2%; 3-й группы – на 4,6; 4-й – на 14,4%, т. е., чем выше концентрация свинца в корме, тем более негативное влияние он оказывает на физиологическое состояние.

Оценка убойных качеств бройлеров также показала негативное влияние уровня свинца в рационе на массу тушек: в 4-й группе масса потрошенной тушки была на 22,8% ниже, чем в контроле ($P < 0,01$), масса мякоти в этой группе отличалась на 37% ($P < 0,01$). Таким образом, прослеживается взаимосвязь количества потребленного свинца (II) с ухудшением убойных качеств птицы (Бокова, 2000).

В другом эксперименте изучали влияние свинца и кадмия индивидуально и совместно на организм цыплят-бройлеров (Грачева, 2008).

Фоновое содержание свинца в комбикорме составляло $2,56 \pm 0,38$, кадмия – $0,22 \pm 0,04$ мг/кг корма. МДУ для свинца – 5,0, кадмия – 0,4 мг/кг корма.

Контрольная группа получала основной рацион, 1-я опытная – ОР + 1,5 МДУ Pb на 1 кг корма, 2-я опытная – ОР + 1,5 МДУ Cd на 1 кг корма и 3-я опытная – ОР + по 1,5 МДУ Pb и Cd на 1 кг корма.

В табл. 1 показана динамика живой массы опытной птицы.

Таблица 1

Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Возраст, сут	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
1	39,67±0,41	39,92±0,53	39,71±0,55	39,79±0,48
7	113,63±5,59	114,0±6,76	119,0±3,59	117,25±3,74
14	295,38±15,15	313,88±13,33	295,38±11,31	319,63±6,19
21	632,5±28,13	603,13±21,9	652,88±9,96	654,25±13,21
28	1000,6±31,97	1068,8±24,67	1111,9±17,47**	1078,8±20,46*
35	1523,8±28,41	1487,5±18,0	1591,3±16,19*	1521,3±12,02
42	1859,1±31,64	1940,7±32,36*	1974,3±29,96*	1910,4±42,39

Здесь и далее: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

На протяжении периода выращивания (кроме 3-й и 5-й недель) у цыплят контрольной группы отмечались самые низкие приросты живой массы. При забое масса цыплят контрольной группы также оказалась самой низкой – 1859,1 г. Наибольшей интенсивностью роста отличались цыплята 2-й опытной группы, получавшие с кормом 1,5 МДУ кадмия. В возрасте 28 дней их живая масса была на 11,6% выше, чем в контрольной группе. Ко времени забоя их масса оказалась достоверно выше массы цыплят контрольной группы на 6 % ($P \leq 0,05$). Цыплята 1-й опытной группы к концу выращивания имели живую массу на 4,4% выше, чем цыплята контрольной группы ($P \leq 0,05$), хотя при периодическом взвешивании показывали живую массу ниже, чем во 2-й и 3-й опытных группах. До 21-дневного возраста у цыплят 3-й опытной группы наблюдалась тенденция к превышению цыплят других групп по данному показателю, затем интенсивность роста снизилась, и в возрасте 42 дней их живая масса составила 1910,4 г.

Самым низким среднесуточный прирост оказался в контрольной группе – всего 43,3 г, у цыплят, получавших одновременно свинец и кадмий с кормом, этот показатель был на 2,7% выше. Наибольшие приросты отмечены у цыплят, получавших по 1,5 МДУ тяжелых металлов, – на 4,6 и 6,4% выше, чем у птицы контрольной группы.

Такое же соотношение и по показателям абсолютного прироста за период выращивания. Самый высокий абсолютный прирост наблюдается в группе, получавшей 1,5 МДУ кадмия – 1934,59 г, за ней следует 1-я опытная группа – 1900,78 г, затем группа, подвергавшаяся одновременному воздействию тяжелых металлов, – 1870,61 г, в контрольной группе этот показатель оказался также самым низким – 1819,43 г.

Относительный прирост также был самым высоким у цыплят 2-й опытной группы.

В 1-й и 3-й опытных группах сохранность поголовья была на уровне контрольной группы и составила 87,5%, самым высоким этот показатель оказался во 2-й опытной группе, у птицы, получавшей 1,5 МДУ кадмия с кормом, и составил 95,8%.

Гематологические показатели птицы контрольной и опытных групп представлены в табл. 2.

Таблица 2

Гематологические показатели цыплят-бройлеров

Показатели	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Гемоглобин, г/л	112,0±7,2	95,67± 10,0	96,0±4,0	110,6±1,15
Эритроциты, 10 ¹² /л	2,75±0,11	2,46±0,15**	2,53±0,12*	2,39±0,21**
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	34,5±8,7	21,13±1,18**	24,8±5,0**	21,8±5,5**

Данные анализа крови свидетельствуют об отсутствии достоверной разницы по количеству гемоглобина в крови птицы. У цыплят 1-й и 2-й опытных групп этот показатель был практически одинаковым и оказался на 14,5 и 14,2% ниже, чем в крови цыплят контрольной группы. У птицы 3-й опытной группы этот показатель незначительно отличался от контроля – на 1,2%.

Количество эритроцитов в крови цыплят всех опытных групп было достоверно ниже, чем у птицы контрольной груп-

пы, – на 10,5 и 8%. Самым низким этот показатель был у цыплят, подвергавшихся интоксикации одновременно свинцом и кадмием, – на 13% ниже, чем в контрольной группе.

У цыплят всех опытных групп количество лейкоцитов было значительно ниже, чем у цыплят контрольной группы, – на 38,7; 28,1 и 36,8% соответственно. Явление лейкопении можно объяснить в данном случае воздействием тяжелых металлов на организм птицы.

Лейкоциты играют важную роль в защитных и восстановительных процессах организма. Количеств лейкоцитов может меняться в зависимости от условий содержания, кормления и состояния организма птицы, а также в ответ на присутствие в организме чужеродных веществ, в том числе и токсинов. Судить о состоянии организма позволяет лейкоцитарная формула.

Результаты исследований морфологии крови цыплят-бройлеров представлены в табл. 3.

Таблица 3

Морфологический состав крови цыплят-бройлеров

Показатели	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$34,5 \pm 8,7$	$21,13 \pm 1,18$	$24,8 \pm 5,0$	$21,8 \pm 5,5$
Базофилы, %	$1,33 \pm 0,57$	-	$1,33 \pm 0,57$	$1,0 \pm 0,001$
Эозинофилы, %	$1,0 \pm 0,001$	$1,0 \pm 0,001$	$1,0 \pm 0,001$	$2,0 \pm 0,001$
Псевдоэозинофилы, %	$5,66 \pm 1,15$	$6,0 \pm 2,64$	$3,33 \pm 1,52$	$7,0 \pm 2,0$
Лимфоциты, %				
малые	$53,33 \pm 4,96$	$57,0 \pm 8,18$	$55,33 \pm 7,37$	$59,66 \pm 5,03$
большие	$28,33 \pm 4,72$	$39,6 \pm 7,37$	$33,01 \pm 6,24$	$24,33 \pm 4,16$
Моноциты, %	$7,66 \pm 3,05$	$2,3 \pm 0,5$	$8,33 \pm 2,08$	$8,66 \pm 1,15$

Лейкограммы подопытных цыплят показывали усиление эритропоэза в группе, получавшей 1,5 МДУ свинца. У цыплят 2-й опытной группы отмечена резкая регенерация всех клеток крови и стимулирована активность лимфоцитов. Совместное воздействие на организм птицы свинца и

кадмия привело к усилению регенерации лейкоцитов и эритропоэза.

Для цыплят 1-й опытной группы было характерно наличие зрелых форм малых лимфоцитов, которые преобладали над большими лимфоцитами. Псевдоэозинофилы были также представлены зрелыми формами. В крови цыплят 2-й опытной группы тоже преобладали малые формы лимфоцитов. Встречались и пролимфоциты.

В крови цыплят 3-й опытной группы также преобладали малые формы лимфоцитов, но в виде незрелых и созревающих форм. Псевдоэозинофилы также представлены в виде незрелых форм.

Исследования крови показывают увеличение количества эозинофилов в крови цыплят-бройлеров 3-й опытной группы в 2 раза.

У птицы 2-й опытной группы количество псевдоэозинофилов было в 1,7 раза ниже, чем у птицы контрольной группы. При совместном воздействии свинца и кадмия количество псевдоэозинофилов увеличилось в 1,2 раза по сравнению с птицей контрольной группы.

Для цыплят 1-й и 2-й опытных групп характерно увеличение больших форм лимфоцитов. В крови птицы 3-й опытной группы этот показатель ниже, чем в контрольной, хотя количество малых форм лимфоцитов в этой группе выше, чем в контрольной.

В крови птицы 1-й опытной группы отмечено низкое содержание моноцитов и базофилов.

Результаты биохимических исследований сыворотки крови цыплят-бройлеров представлены в табл. 4.

Таблица 4

Фракционный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров

Показатели	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Общий белок, г/л	38,33±0,33	38,0±1,52	37,33±1,67	59,67±4,97**
Альбумины, %	73,43±0,52	75,5±2,17	69,9±2,48	76,03±1,71
α-глобулины, %	7,19±0,78	4,66±0,53	4,56±0,17	10,15±0,71
β-глобулины, %	3,65±0,13	7,19±0,58	9,93±0,35	4,12±0,76

У цыплят 1-й и 2-й опытных групп, получавших с кормом 1,5 МДУ тяжелых металлов, произошло незначительное снижение количества общего белка – на 0,9 и 2,6 % соответственно. У птицы, получавшей совместно свинец и кадмий, содержание общего белка возрастает по сравнению с контрольной группой на 55,6 % ($P \leq 0,01$).

Количество α -глобулинов у птицы 1-й и 2-й опытных групп также оказалось ниже, чем в контрольной группе, на 2,53 и 2,63 %.

В 3-й опытной группе этот показатель, наоборот, увеличился на 2,96 % по сравнению с контролем и был выше, чем в 1-й и 2-й группах, соответственно на 5,49 и 5,59 %. Однако содержание β -глобулинов у птицы 3-й опытной группы оказалось значительно ниже, чем в других опытных группах, – на 3,07 и 5,18 %, но на 0,47 % выше, чем в контрольной группе.

У птицы, получавшей в рационе тяжелые металлы по отдельности, концентрация β -глобулинов оказалась выше, чем в контрольной группе, на 3,54 и 6,28 %.

Результаты исследований сыворотки крови цыплят-бройлеров представлены в табл. 5.

Таблица 5

Содержание кальция и фосфора в крови цыплят-бройлеров, мг/л

Показатели	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Кальций	3,52±0,09	2,85±0,22	2,93±0,27	2,8±0,149*
Фосфор	2,51±0,001	2,45±0,13	2,59±0,08	2,15±0,18*

В сыворотке крови цыплят контрольной группы содержание кальция составило 3,52 мг/л. Потребление свинца и кадмия привело к снижению содержания кальция в крови птицы 1-й и 2-й опытных групп на 19 и 16,7% соответственно. В крови цыплят 3-й опытной группы, получавших совместно свинец и кадмий, концентрация кальция была достоверно ниже – на 20,5% ($P \leq 0,05$).

Совместное воздействие тяжелых металлов вызвало снижение концентрации фосфора на 14,3% ($P \leq 0,05$).

Изучена также аккумуляция свинца и кадмия в организме птицы при раздельном и совместном их введении в рацион.

Содержание свинца в мышечной ткани цыплят-бройлеров представлено в табл. 6.

Таблица 6

Содержание свинца в мышцах птицы, мг/кг

Группа	Мышцы	
	бедренные	грудные
Контрольная	0,001±0,0001	0,001±0,0001
1-я	0,360±0,012**	0,530±0,060**
2-я	0,083±0,012**	0,23±0,023**
3-я	0,162±0,015**	1,03±0,023**

В мышцах цыплят контрольной группы содержание свинца было минимальным.

У цыплят 1-й опытной группы в грудных мышцах концентрация свинца превысила ПДК и составила 0,53 мг/кг, в бедренных мышцах – 0,36 мг/кг, что в 1,47 раза меньше, чем в грудных мышцах.

У цыплят 2-й опытной группы, получавших 1,5 МДУ кадмия, и в грудных, и в бедренных мышцах был обнаружен свинец. Концентрация свинца в мышцах птицы 2-й опытной группы была ниже по сравнению с этим показателем птицы 1-й опытной группы в 4,3 раза в бедренных мышцах, и 2,3 раза – в грудных.

У птицы 3-й опытной группы произошло увеличение содержания свинца в 2 раза в грудных мышцах по сравнению с птицей 1-й опытной группы, что составило 1,03 мг/кг ($P \leq 0,05$). В бедренных мышцах, напротив, содержание свинца снизилось в 2,2 раза. Однако в обеих группах мышц концентрация свинца значительно превысила этот показатель птицы контрольной группы.

Данные исследований свидетельствуют о том, что введение в рацион свинца в количестве 1,5 МДУ приводит к его накоплению в мышечной ткани. Особо следует отметить, что свинец был обнаружен в мышцах цыплят, не получавших его дополнительно. Совместное воздействие кадмия и свинца привело к увеличению концентрации последнего в мышцах цыплят 3-й опытной группы.

Содержание кадмия в мышечной ткани цыплят-бройлеров представлено в табл. 7.

В мышцах цыплят контрольной группы были обнаружены следовые количества кадмия.

У цыплят 1-й опытной группы, не получавших дополнительно кадмий с рационом, в бедренных мышцах был обнаружен этот токсикант в количестве 0,198 мг/кг.

Таблица 7

Содержание кадмия в мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Группа	Мышцы	
	бедренные	грудные
Контрольная	0,0001±0,0001	0,0002±0,0001
1-я	0,198±0,0010**	0,0001±0,0001
2-я	0,353±0,0680**	0,061±0,0040**
3-я	0,003±0,0020**	0,0005±0,0001

У цыплят 2-й опытной группы, получавших 1,5МДУ кадмия с кормом, аккумуляция этого элемента отмечена в большей степени в бедренных мышцах – 0,353 мг/кг, что в 5,8 раза больше этого показателя в грудных мышцах – 0,061мг/кг.

При сочетанном введении в рацион свинца и кадмия у цыплят 3-й опытной группы произошло снижение содержания кадмия в 117 раз в бедренных мышцах и в 122 раза в грудных мышцах по сравнению с данным показателем птицы 2-й опытной группы ($P \leq 0,01$).

Результаты исследования костной ткани цыплят на содержание свинца представлены в табл. 8.

Таблица 8

Содержание свинца в костной ткани цыплят, мг/кг

Группа	Кости	
	трубчатые	грудные
Контрольная	0,003±0,001	0,006±0,003
1-я	0,127±0,041*	0,168±0,018*
2-я	0,009±0,0002	0,033±0,004
3-я	0,504±0,111**	0,338±0,069**

В костной ткани цыплят контрольной группы обнаружено незначительное содержание свинца.

У птицы, получавшей 1,5 МДУ свинца, произошло увеличение концентрации этого элемента до 0,127 и 0,168 мг/ кг, т.е. в 42 и 28 раз соответственно в трубчатых и грудных костях ($P \leq 0,05$).

У цыплят, получавших повышенную дозу кадмия, в костной ткани свинец содержался в минимальных количествах и достоверно не отличался от этого показателя контрольной группы.

При совместном введении свинца и кадмия в рацион концентрация свинца составила 0,504 и 0,338 мг/кг, что выше содержания этого элемента у птицы 1-й опытной группы в трубчатых костях в 4 раза, в грудных – в 2 раза ($P \leq 0,01$).

Данные об отложении свинца в мышечной и костной ткани цыплят 3-й опытной группы могут говорить о том, что совместное воздействие свинца и кадмия на организм птицы приводит к усилению аккумуляции свинца.

Данные о содержании кадмия в костной ткани птицы представлены в табл. 9.

Таблица 9

Содержание кадмия в костной ткани цыплят, мг/кг

Группа	Кости	
	трубчатые	грудные
Контрольная	0,013±0,001	0,002±0,0001
1-я	0,034±0,003 **	0,001±0,0001
2-я	0,042±0,005**	0,044±0,0010**
3-я	0,041±0,007**	0,052±0,0360*

В костной ткани цыплят контрольной группы обнаружено незначительное содержание кадмия.

У цыплят 1-й опытной группы, получавших 1,5 МДУ свинца, достоверно увеличилась концентрация кадмия в трубчатых костях – в 2,6 раза и составила 0,034 мг/кг ($P \leq 0,01$).

При введении в рацион 1,5 МДУ кадмия увеличилось накопление этого элемента в костной ткани у цыплят 2-й опытной группы – в трубчатых костях в 3,2 раза, в грудных – в 22 раза ($P \leq 0,01$).

Совместное введение в рацион птицы свинца и кадмия оказало незначительное влияние на аккумуляцию кадмия. Концентрация кадмия увеличилась в 1,8 раза ($P \leq 0,05$) в грудных костях и снизилась в 1,02 раза ($P \leq 0,01$) в трубчатых костях цыплят 3-й опытной группы.

В костной ткани цыплят контрольной группы отмечено низкое содержание кадмия. Введение 1,5 МДУ кадмия в рацион птицы 2-й опытной группы привело к значительному изменению концентрации этого элемента в костной ткани, а совместное влияние со свинцом не оказало заметного влияния на концентрацию кадмия. Возможно, это связано с тем, что костная ткань не является депо отложения кадмия, и этот элемент накапливается преимущественно во внутренних органах.

Результаты исследований внутренних органов птицы на содержание свинца приведены в табл. 10.

При исследовании внутренних органов (печень, почки, сердце) у цыплят контрольной группы свинец был обнаружен во всех органах.

Таблица 10

Содержание свинца во внутренних органах птицы, мг/кг

Группа	Печень	Почки	Сердце
Контрольная	0,161±0,012	0,112±0,017	0,044±0,006
1-я	0,221±0,013**	0,382±0,046**	0,327±0,044**
2-я	0,025±0,007	0,234±0,010	0,023±0,004
3-я	0,852±0,041**	0,518±0,056**	0,238±0,015**

Наибольшая концентрация свинца была обнаружена в печени – 0,161 мг/кг, наименьшая – в сердце (0,044 мг/кг), в почках этот показатель составил 0,112 мг/кг.

У цыплят 1-й опытной группы, получавших свинец с кормом, достоверно увеличилось содержание этого элемента в почках и сердце – в 3,4 и 7,4 раза и составило 0,382 и 0,327 мг/кг соответственно ($P \leq 0,01$).

В печени этот показатель оказался самым низким и составил 0,221 мг/кг, что в 1,4 раза выше показателя контрольной группы.

У цыплят, получавших 1,5 МДУ кадмия, концентрация свинца увеличилась только в почках в 2,1 раза – до 0,234 мг/кг по сравнению с 0,112 мг/кг у цыплят контрольной группы. В сердце и печени этот показатель был ниже, чем у птицы в контрольной группе, в 1,9 и 6,4 раза и составил 0,025 и 0,023 мг/кг.

При одновременном воздействии свинца и кадмия самая высокая концентрация свинца была обнаружена в печени – 0,852 мг/кг, что в 5,3 раза больше, чем в контрольной группе, и в 3,9 раза, чем в 1-й опытной группе ($P \leq 0,01$). На втором месте по уровню аккумуляции почки – 0,518 мг/кг, что в 4,6 раза больше показателей птицы контрольной группы и в 1,35 раза – 1-й опытной группы ($P \leq 0,01$). В сердце концентрация свинца составила 0,238 мг/кг, что в 5,4 раза больше, чем у птицы контрольной группы, но меньше, чем в сердце цыплят 1-й опытной группы, в 1,4 раза ($P \leq 0,01$).

Результаты исследования внутренних органов птицы на содержание кадмия приведены в табл. 11.

Таблица 11

Содержание кадмия во внутренних органах птицы, мг/кг

Группа	Печень	Почки	Сердце
Контрольная	0,0001±0,0001	0,0002±0,0001	0,0001±0,0001
1-я	0,0003±0,0001	0,0001±0,0001	0,0004±0,0001
2-я	0,555±0,090**	0,158±0,031**	0,118±0,013 **
3-я	0,275±0,041**	0,217±0,011 **	0,201±0,011 **

Во внутренних органах птицы контрольной и 1-й опытной групп обнаружено минимальное количество кадмия.

Интоксикация птицы кадмием привела к достоверному увеличению концентрации токсиканта во внутренних органах ($P \leq 0,01$). Максимальное увеличение концентрации кадмия было отмечено в печени – 0,555 мг/кг, минимальное – в сердце (0,118 мг/кг), в почках этот показатель составил 0,158 мг/кг.

У птицы 3-й опытной группы, подвергавшейся одновременному воздействию свинца и кадмия, наблюдалось снижение содержания кадмия в печени до 0,275 мг/кг, что в 2 раза меньше, чем в печени цыплят 2-й опытной группы ($P \leq 0,01$). Концентрация кадмия увеличилась в почках и сердце и оказалась почти одинаковой – 0,217 и 0,201 мг/кг, что больше значений этих показателей у птицы 2-й опытной группы в 1,3 и 1,7 раза ($P \leq 0,01$).

Фоновое содержание свинца в органах и тканях птицы не превышает 0,500 мг/кг, максимальное количество было обнаружено в печени (0,161 мг/кг), далее идут почки (0,112 мг/кг) > сердце (0,044 мг/кг) > грудные кости (0,006 мг/кг) > трубчатые кости (0,003 мг/кг) > мышцы (0,001 мг/кг).

Фоновое содержание кадмия в органах и тканях цыплят-бройлеров оказалось незначительным. В трубчатых костях этот показатель составил 0,013 мг/кг, в остальных тканях были обнаружены лишь следовые количества данного токсиканта.

Введение токсикантов в рацион птицы привело к накоплению свинца и кадмия во внутренних органах, костной и мышечной тканях.

Совместное воздействие свинца и кадмия вызвало усиление аккумуляции свинца в бедренных мышцах в 2 раза, в трубчатых костях – в 4, в грудных – в 2, в печени и почках – в 3,9 и 1,35 раза по сравнению с показателями цыплят 1-й опытной группы.

По сравнению с птицей 2-й опытной группы произошло снижение концентрации кадмия в мышечной ткани в 117 и 122 раза, в печени – в 2 раза, в костной ткани, почках и сердце концентрация кадмия увеличилась в 1,3-1,7 раза.

Результаты исследования внутренних органов и тканей птицы на содержание меди представлены в табл. 12.

Таблица 12

Содержание меди в органах и тканях цыплят-бройлеров, мг/кг

Органы и ткани	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Грудные мышцы	2,73±0,4	1,12±0,10**	1,21±0,23**	2,02±0,36*
Бедренные мышцы	1,67±0,16	3,37±0,23**	0,13±0,03**	1,09±0,13**
Печень	1,69±0,08	1,48±0,10	2,62±0,12**	2,10±0,04**
Сердце	1,56±0,05	2,04±0,15**	1,76±0,08	1,31±0,09
Почки	0,22±0,03	0,33±0,04*	0,39±0,05**	0,24±0,04**

Распределение меди в тканях цыплят контрольной группы установлено следующее: грудные мышцы (2,73 мг/ кг) > печень > бедренные мышцы > сердце > почки. Содержание меди в печени, сердце и бедренных мышцах было практически одинаковым. Самым низким содержание меди оказалось в почках – 0,22 мг/кг.

Рацион с повышенным содержанием свинца привел к перераспределению меди в органах и тканях цыплят. В грудных мышцах содержание меди достоверно снизилось – на 59 %, в бедренных, напротив, увеличилось до 3,37 мг/ кг – на 50 % по сравнению с цыплятами контрольной группы ($P \leq 0,01$). В печени концентрация меди стала ниже на 12,4 %. В сердце и почках содержание меди увеличилось на 23,5 и 50 % ($P \leq 0,01$).

В группе, получавшей кадмий, в грудных мышцах птицы содержание меди было достоверно ниже, чем в контрольной, – на 55,6%, в бедренных мышцах этот показа-

тель также был ниже, чем у птицы контрольной группы, на 92,2% ($P \leq 0,01$).

В печени содержание меди было выше, чем у птицы контрольной группы, на 35,5 % и составило 2,62 мг/кг, в сердце – на 11,4%.

В почках содержание меди также было самым низким – 0,39 мг/кг, но этот показатель достоверно выше, чем в контрольной группе, – на 43,6 % ($P \leq 0,01$).

У цыплят 3-й опытной группы в грудных мышцах содержание меди было достоверно ниже, чем в контрольной группе, – на 26%, в бедренных мышцах – на 34,7, в сердце – на 16% ($P \leq 0,01$).

В печени было обнаружено 2,10 мг/кг меди, что на 19,5% больше данного показателя контрольной группы ($P \leq 0,01$).

В сердце цыплят 3-й опытной группы содержание меди достоверно не отличалось от этого показателя цыплят контрольной группы, но было достоверно ниже, чем у цыплят 1-й и 2-й опытных групп – на 35,8 и 25,5% ($P \leq 0,01$).

Концентрация меди в почках цыплят 3-й опытной группы не имела достоверных отличий от этого показателя цыплят контрольной и 1-й опытной групп, но была достоверно ниже, чем во 2-й опытной группе, – на 38,5 % ($P \leq 0,01$).

Цинк – один из наиболее распространенных и необходимых металлов в организме человека и животных. Его содержание в организме в 10-15 раз выше содержания меди. Цинк обладает регулирующим действием в процессах кроветворения, обмена углеводов, белков, жиров. Этот элемент является кофактором 80 ферментов.

Цинк оказывает положительное действие на рост и развитие птицы, воспроизводительные функции, кроветворение; играет большую роль в углеводном, жировом и минеральном обмене. Недостаток цинка приводит к ухудшению использования корма, отставанию в росте молодняка, ломкости оперения.

Цинк принимает участие в процессах кальцификации, хотя механизм его действия не установлен.

Данные о содержании цинка в органах и тканях цыплят-бройлеров представлены в табл. 13.

Таблица 13

Содержание цинка в органах и тканях цыплят-бройлеров, мг/кг

Органы и ткани	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Грудные мышцы	5,08±0,33	5,52±0,29	6,0±0,22	5,55±0,48
Бедренные мышцы	18,87±1,48	5,23±1,07**	15,47±5,67	13,07±1,33**
Печень	12,25±1,68	18,97±2,20*	18,92±2,48*	27,46±1,58**
Сердце	9,30±0,53	19,32±1,35**	10,67±0,75	14,32±0,77**
Почки	11,47±0,78	10,81±1,70	17,17±1,71	16,10±2,60

В грудных мышцах птицы во всех группах было отмечено низкое содержание цинка по сравнению с другими органами. В грудных мышцах цыплят всех опытных групп содержание цинка достоверно не отличалось от содержания этого элемента в этих же мышцах цыплят контрольной группы.

У цыплят 1-й опытной группы концентрация цинка в бедренных мышцах была ниже 72,3 % по сравнению с птицей контрольной группы ($P \leq 0,01$).

В печени цыплят 1-й опытной группы обнаруженное количество цинка было на 35,4 % выше, чем у цыплят контрольной группы.

В печени цыплят 3-й опытной группы этот показатель был значительно выше и составил 27,46 мг/кг, что на 55 % выше, чем в печени цыплят контрольной группы.

В сердце цыплят контрольной группы содержание цинка было 2,3 мг/кг, у цыплят 2-й опытной группы этот показатель достоверно не отличался от цыплят контрольной группы. У птицы 1-й и 3-й опытных групп содержание цинка было достоверно выше – на 51,8 и 35 % соответственно ($P \leq 0,01$).

Содержание цинка в почках цыплят контрольной и 1-й опытной групп было практически одинаковым. У цыплят 2-й и 3-й опытных групп наблюдается тенденция к увеличению содержания цинка в почках.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что присутствие в корме цыплят тяжелых металлов приводит к перераспределению в организме птицы эссенциальных микроэлементов.

С целью изучения пищевой ценности и качества мяса цыплят-бройлеров, выращенных в экологически неблагоприятных условиях, на базе ГНУ СибНИПТИП СО РАСХН были проведены исследования на цыплятах-бройлерах кросса ISA, которые были подобраны по принципу аналогов в две группы (Инербаева, 2004; Инербаева и др., 2004).

Контрольная группа получала основной рацион (ОР), а опытная группа, дополнительно, согласно схеме опыта, ОР+3МДУ $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 3 МДУ $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Поскольку мышечная ткань – самая ценная часть мяса птицы, нами были исследованы химический состав грудных (белое мясо) и бедренных (красное мясо) мышц цыплят-бройлеров.

Биологическая ценность пищевых белков зависит от содержания и соотношения входящих в их состав незаменимых аминокислот. В белке пищи должен быть сбалансирован не только состав незаменимых аминокислот, но и соблюдаться определенное соотношение незаменимых и заменимых аминокислот, в противном случае часть незаменимых будет расходоваться не по назначению.

В опытной группе наблюдалось незначительное снижение содержания аминокислот, в целом достоверное снижение произошло в бедренных мышцах по изолейцину и пролину ($P \leq 0,05$).

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о

том, что в грудных мышцах доминируют из незаменимых аминокислот лейцин и лизин, а в бедренных – лейцин, валин и лизин.

При расчете аминокислотного сгора относительно справочной шкалы ФАО/ВОЗ было выявлено, что лимитирующей аминокислотой для обеих групп мышц является метионин.

Минеральные вещества, наряду с белками, жирами, углеводами и витаминами, являются жизненно важными компонентами пищи человека, необходимыми для построения химических структур живых тканей и осуществления биохимических и физиологических процессов, лежащих в основе жизнедеятельности организма.

Наибольшее накопление макро- и микроэлементов наблюдалось в бедренных мышцах. В опытной группе по сравнению с контролем произошло максимальное снижение макроэлементов в мясе, в основном кальция и фосфора в бедренных мышцах (табл. 14).

Таблица 14

Содержание минеральных веществ в мясе цыплят-бройлеров, мг/кг

Показатели	Грудные мышцы		Бедренные мышцы	
	контроль	опыт	контроль	опыт
<i>Макроэлементы</i>				
Кальций	3,8±0,02	3,6±0,06*	4,8±0,08	3,9±0,09**
Фосфор	158,2±5,47	127,1±2,87**	207,0±2,52	183,0±3,7**
<i>Микроэлементы</i>				
Железо	1,23±0,02	0,97±0,02***	1,35±0,02	1,17±0,01
Марганец	0,01±0,001	0,009±0,001*	0,02±0,002	0,01±0,002
Медь	0,14±0,001	0,11±0,002***	0,18±0,003	0,16±0,003**
Цинк	1,35±0,01	1,18±0,006***	2,6±0,15	1,8±0,1*
Кадмий	0,03±0,001	0,08±0,001***	0,03±0,002	0,1±0,001***
Свинец	0,04±0,002	0,12±0,001***	0,06±0,002	0,17±0,001***

В грудных мышцах птицы опытной группы содержание кальция снизилось на 5,3, фосфора – на 19,7% ($P \leq 0,05 - 0,01$) относительно контрольной группы.

Содержание микроэлементов в грудных мышцах цыплят опытной группы также достоверно понизилось: железа – на 21,1% ($P \leq 0,001$), марганца – на 10 ($P \leq 0,05$), меди – на 21,4 ($P \leq 0,001$), цинка – на 12,6% ($P \leq 0,001$). При этом содержание кадмия возросло в 2,7; свинца – в 3 раза ($P \leq 0,001$).

В бедренных мышцах птицы опытной группы по основным микро- и макроэлементам также произошло снижение. Содержание кальция уменьшилось на 18,7% ($P \leq 0,01$), фосфора – на 11,6% ($P \leq 0,01$), а железа и марганца достоверно не отличалось от контроля. Содержание меди понизилось на 11,1 ($P \leq 0,05$), цинка – на 30,7% ($P \leq 0,05$). Содержание кадмия повысилось в 3,3, а свинца – в 2,8 раза ($P \leq 0,001$).

В результате скармливания повышенной дозы ионов тяжёлых металлов в рационе цыплят установлено достоверное снижение содержания в грудных мышцах кальция, фосфора, железа, меди, цинка ($P \leq 0,05$ - $0,001$) и увеличение концентрации кадмия и свинца ($P \leq 0,001$).

Аналогичная закономерность установлена и по бедренным мышцам ($P \leq 0,05$ - $0,001$), кроме содержания железа и марганца, что, видимо, связано с их большим накоплением по сравнению с грудными мышцами.

Упитанность и качество обработки тушек цыплят-бройлеров определяли по ГОСТ 25 391-82. Обе группы соответствовали требованиям стандарта. По содержанию токсичных элементов опытная группа не соответствовала требованиям СанПиН 2.3.2. 1078-01. Степень загрязнения сырья неразрывно связана с проблемой качества этого продукта, являющегося основным источником поступления в организм элементов-экоотоксикантов. В связи с этим нужно постоянно проводить исследования продуктов на содержание токсичных элементов.

Витамины – необходимые для нормальной жизнедеятельности низкомолекулярные органические соединения с высокой биологической активностью, которые не синтези-

ругаются в организме и поступают в него с пищей. Биологическая роль водорастворимых витаминов определяется их участием в построении различных коферментов. Биологическая ценность жирорастворимых витаминов в значительной мере связана с их участием в контроле функционального состояния мембран клетки и субклеточных структур. Необходимость витаминов для нормального течения различных биологических процессов предопределяет развитие выраженных нарушений в деятельности органов и систем при дефиците любого из них.

Нами было определено содержание витаминов в мышцах птицы (табл. 15).

Из жирорастворимых витаминов в мышцах цыплят опытной группы снизилось содержание ретинола: в грудных – на 10,2, в бедренных – на 10,8% ($P \leq 0,05$). В бедренных мышцах птицы опытной группы меньше и содержание витамина Е на 4,1% ($P \leq 0,05$).

Таблица 15

Содержание витаминов в мышцах цыплят-бройлеров, мг%

Витамины	Грудные мышцы		Бедренные мышцы	
	контроль	опыт	контроль	опыт
<i>Жирорастворимые</i>				
А	0,39±0,009	0,35±0,006*	0,37±0,012	0,33±0,006*
Е	1,25±0,012	1,22±0,006	1,46±0,009	1,4±0,012*
<i>Водорастворимые</i>				
В ₁	0,06±0,001	0,057±0,002	0,095±0,008	0,088±0,002
В ₂	0,18±0,006	0,17±0,006	0,17±0,006	0,16±0,006
В ₃	5,53±0,06	5,35±0,009*	5,23±0,088	4,91±0,052*
РР	6,23±0,088	6,13±0,088	5,8±0,058	5,37±0,088*
В ₆	0,34±0,012	0,3±0,006*	0,3±0,017	0,27±0,009
В ₁₂	4,2±0,058	3,92±0,042*	3,77±0,088	2,8±0,058***

Из водорастворимых витаминов в мышцах птиц опытной группы снизилось содержание пантотеновой кислоты в

грудных мышцах на 3,2, в бедренных – на 6,1% ($P \leq 0,05$). Содержание витамина B_{12} снизилось в грудных мышцах на 6,7 ($P \leq 0,05$), в бедренных – на 25,7% ($P \leq 0,001$). Кроме того, в грудных мышцах уменьшилось содержание пиридоксина на 11,7, а в бедренных – ниацина на 7,4% ($P \leq 0,05$).

Проблема ведения сельского хозяйства, обеспечивающего производство качественной продукции, требует разработки новых теоретических подходов и практических рекомендаций по созданию оптимальных соотношений между регулированием состояния природной среды и уровнем антропогенного воздействия (Абрамова и др., 2002).

Таким образом, тяжелые металлы как антропогенный фактор могут представлять значительную опасность для здоровья животных и получения экологически безопасной продукции животноводства.

В разделе рассмотрены микроэлементы – тяжелые металлы как экологический фактор. Показана биологическая роль тяжелых металлов в организме животных, основное внимание уделено свинцу и кадмию.

В результате исследований на цыплятах-бройлерах, статистической обработки экспериментальных данных установлено, как влияет различный уровень свинца в рационе на аккумуляцию элементов в органах и тканях птицы. Изучены показатели роста и развития, убойные качества цыплят-бройлеров. Установлено влияние свинца и кадмия на гематологические показатели, распределение и перераспределение микроэлементов в органах и тканях птицы. Уделено внимание качеству мяса птицы.

Свинец и кадмий являются одними из наиболее токсичных антропогенных загрязнителей биосферы, приносящими большой вред человеку.

Определено фоновое содержание свинца и кадмия в корме, а также в органах и тканях птицы. Этот показатель составил $2,56 \pm 0,38$ мг Pb и $0,22 \pm 0,41$ мг Cd на 1 кг корма. В

мышечной и костной тканях было обнаружено незначительное содержание тяжелых металлов. Свинец был обнаружен во всех внутренних органах. Распределение свинца было следующим: печень – $0,161 \pm 0,012$ мг/кг, почки – $0,112 \pm 0,007$, сердце – $0,044 \pm 0,006$ мг/кг.

Установлено содержание свинца и кадмия в органах и тканях цыплят-бройлеров при раздельном и совместном введении этих токсикантов в рацион в количестве 7,5 мг свинца и 0,6 мг кадмия на 1 кг корма. Было обнаружено, что при воздействии токсикантов многократно увеличивается содержание свинца в организме птицы. В грудных мышцах концентрация свинца превысила ПДК. Совместное воздействие тяжелых металлов привело к усилению аккумуляции свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров.

При нагрузке организма птицы свинцом в концентрации 7,5 мг Pb/кг корма количество данного элемента в мышечной и костной ткани достоверно повышается ($P \leq 0,05-0,01$). В трубчатых и грудных костях этот показатель увеличился в 42 и 28 раз соответственно ($P \leq 0,05$). Многократно возросла концентрация кадмия во всех органах и тканях цыплят-бройлеров при интоксикации в дозе 0,6 мг Cd/кг корма ($P \leq 0,01$).

Одновременное воздействие свинца и кадмия на организм птицы привело к увеличению содержания свинца в грудных мышцах, костной ткани, печени и почках в 1,35-4 раза ($P \leq 0,01$), концентрация кадмия, напротив, значительно снизилась: в мышечной ткани – в 117 и 122, в печени – в 2 раза. В костной же ткани, почках и сердце концентрация кадмия возросла в 1,3-1,7 раза ($P \leq 0,01$).

Исследование пищевой ценности и качества мяса цыплят-бройлеров, выращенных в экологически неблагоприятных условиях, показало, что наибольшее содержание белка характерно для грудных мышц. Из незаменимых аминокислот в грудных мышцах доминируют лейцин и лизин, а в бедренных – лейцин, валин, лизин.

2. КОРМА КАК ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ

Состояние здоровья животных, их продуктивность, иммунологический статус, качество и безопасность продуктов животноводства во многом зависят от санитарного состояния кормов.

Проблема загрязнения кормов токсическими элементами (ртутью, кадмием, мышьяком, свинцом, хромом, медью, никелем) продолжает оставаться в центре внимания специалистов. Загрязнение кормов этими токсикантами носит региональный характер и связано в основном с промышленными выбросами и повышенным естественным их содержанием в почвах.

К наиболее токсичным элементам из группы ТМ относится ртуть. Максимально допустимый уровень ее в кормах для молочного скота и яйценоской птицы составляет 0,05 мг/кг, для скота на откорме – 0,1 мг/кг. Результаты исследований показывают, что среднее фоновое содержание ртути в речной воде – 0,1 мг/кг, в зернофураже – в среднем 0,02 мг/кг. Таким образом, естественные уровни ртути очень незначительно отличаются от нормативных величин. На неблагоприятное воздействие кормов по содержанию ртути может указывать ее присутствие в почках животных в количестве более 1,0 мг/кг (Теплякова и др., 1998).

Вторым по значимости элементом из группы ТМ является кадмий. МДУ его в кормах составляет 0,3-0,4 мг/кг. Основными источниками загрязнения служат промышленные предприятия по производству красок, антисептических средств, щелочных аккумуляторов, автомобилей и самолетов. Сравнительное изучение содержания кадмия в кормах из условно благополучного района и зоны выбросов цинкоплавильного завода «Электроцинк» выявило низкие уровни

загрязнений в благополучном районе – от 0,008 до 0,036 мг/кг, тогда как в зоне выбросов завода, удаленной от источника загрязнения до 10 км, установлено высокое его содержание – от 1,8 до 21,2 мг/кг. В мясной продукции, произведенной в благополучной и загрязненной зонах, содержание кадмия было также различным и составило 0,024 и 1,9 мг/кг соответственно при предельно допустимой концентрации 0,05 мг/кг (Смирнов и др., 1999).

Несколько меньшее санитарное значение имеет свинец, так как биологическая активность его ниже, чем у ртути и кадмия. МДУ свинца в кормах – 3,0-5,0 мг/кг. Основным источником загрязнения являются предприятия по производству красок, аккумуляторов, металлургические предприятия и автотранспорт. Если фоновый уровень содержания свинца в растениях и почвах благополучных зон составляет 0,2-0,5 мг/кг, то в растениях, отобранных на расстоянии 5 и 30 м от шоссе с активным движением автотранспорта, – 1,8 и 1,0, в зонах выбросов металлургических предприятий – 60, заводов по выплавке свинца – 1000 мг/кг и выше (Ревич, 2001).

Содержание ТМ в кормах колеблется в широких пределах. Наибольшее количество меди и цинка характерно для шрота, кобальта – для кукурузного силоса, никеля – для кормовой свеклы, марганца – для жома, свинца – для кукурузного силоса и сена, кадмия – для кормовой свеклы и хрома – для сена. Содержание ТМ в кормах меняется в пределах 1,5-54 раза, что значительно меньше, чем в продуктах питания. При этом содержание меди в кормах меняется в пределах 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 – 20-104 раза. Столь высокий интервал изменений содержания ТМ в кормах вызван как видом корма, так и условиями его производства (технология производства и степень загрязнения агроэкосистем) (Соколов, Черников, 1999).

Содержание солей ТМ определяли в пробах кормов,

поступивших с ряда птицефабрик Московской и Владимирской областей. Объектом исследований были комбикорма, мясокостная мука, известняки отечественного производства, рыбная мука производства Бельгии и Дании, соевые шроты (Индия), белково-витаминно-минеральные концентраты. Во всех исследованных пробах кормов не обнаружили ртути. Концентрация меди в них не превышала ПДК (80 мг/кг корма) и колебалась 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 мг/кг (ПДК – 200 мг/кг), т. е. содержание жизненно необходимых элементов (медь, цинк, железо) в комбикормах было достаточным для удовлетворения физиологических потребностей птицы. Уровень свинца равнялся 0,25-10,05 мг/кг (ПДК – 5 мг/кг), кадмия – 0,25-0,85 мг/кг (ПДК – 0,4 мг/кг) (Кроль, Гаруни, 1999).

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 мг/кг. Уровень меди в рыбной муке производства Бельгии был равен 7,35, а производства Дании – 136,75 мг/кг. Содержание цинка (59,30-64,05 мг/кг) и железа – (102,7-107,15 мг/кг) было ниже ПДК.

В мясокостной муке концентрация кадмия достигала 1,15-1,68, свинца – 13,75-25,4 мг/кг. В соевых шротах уровень ТМ не превышал ПДК.

В пробах БВМД 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.

Представленные данные свидетельствуют, что в кор-

мах, поступающих на птицефабрики, содержание ТМ превышает ПДК. В основном это касается свинца (комбикорма, рыбная и мясокостная мука) и кадмия.

Поэтому длительное скармливание таких кормов может привести к снижению продуктивности, ослаблению иммунитета птицы, а также вызвать контаминацию продукции птицеводства ТМ.

В рационах лактирующих коров не было зарегистрировано превышение МДУ ТМ, однако в молоке коров отмечено превышение ПДК свинца (Сироткин и др., 2000).

Наличие определенной зависимости между отдельными элементами может способствовать защите животного от вредного воздействия сопутствующих минералов. Классическим примером может служить взаимодействие между кальцием, цинком и свинцом. Повышенный уровень кальция в рационе предохраняет организм от токсического действия свинца и цинка, а цинк увеличивает токсичность свинца. Высокий уровень цинка и свинца в рационе способствует увеличению концентрации свинца в крови, мягких тканях и скелете и снижает интенсивность роста животных (Кальницкий, 1985).

При введении в рацион поросят избытка свинца и цинка при сравнительно низком уровне кальция и фосфора среднесуточный прирост животных за 9-недельный период снижается почти в 6 раз, а потребление корма – более чем в 2 раза. Введение в рацион поросят повышенных доз свинца и цинка привело к снижению концентрации кальция и фосфора в сыворотке крови, повышенному содержанию уровня цинка и свинца, а также активности щелочной фосфатазы, что указывает на резорбцию скелета (Corril, Haff, 1976).

От уровня кальция в рационе зависят обмен и депонирование кадмия в организме животных. Токсикоз в результате потребления повышенных доз кадмия предотвращается введением в рацион кальция, цинка, меди, железа или се-

лена. Сущность взаимодействия кальция и кадмия состоит в том, что высокий уровень кальция в рационе животных предотвращает аккумуляцию кадмия в организме путем снижения активности системы абсорбции и транспорта кадмия в пищеварительном тракте. Концентрация кадмия в организме новорожденных увеличивается более чем в 8 раз при дефиците кальция в рационе матерей (Pritzl et al., 1974).

Антагонизм между кадмием, цинком и железом установлен в организме многих видов животных. Добавка кадмия в рацион телят в количестве 100 мг/кг сухого вещества корма снижает интенсивность роста животных и уровень гемоглобина в крови. Добавка железа в такой рацион при наличии адекватного количества цинка сопровождается повышением интенсивности роста животных.

В качестве дешевых источников минеральных веществ, используемых в кормлении животных, очень часто применяют природные соединения – руды, которые наряду с необходимыми минеральными элементами содержат потенциально токсичные для организма животных вещества.

Для обогащения рационов кальцием и фосфором широко применяются природные фосфаты. В них тоже обнаруживается большое количество сопутствующих элементов (свинца, мышьяка, ртути, олова) (Остроумов, 1986).

Поскольку свинец широко распространен в природе в относительно больших количествах, он сравнительно быстро накапливается в организме животных. Доказано, что вблизи шоссе дорог фураж сильно загрязняется свинцом. Выпас лактирующих коров в этих местах приводит к усиленному накоплению свинца в их организме и повышенному выделению его с молоком (Phipps, 1976).

Уровень содержания свинца в шерстном покрове животных, потреблявших траву вблизи шоссе дорог, увеличивается почти в 2 раза. Токсическое действие свинца на организм животных проявляется анемией, депрессией, рвотой, болезнями почек, потерей живой массы.

Высокой токсичностью обладает кадмий. Его содержание и уровень аккумуляции в организме животных зависят от вида потребляемого корма и типа кормления, зоны выращивания, климатических условий и др.

Концентрация кадмия в зерне злаковых колеблется от 60 до 200 мкг/кг сухого вещества, в корнеплодах – от 130 до 255, в пищевых отходах и молочной сыворотке – от 30 до 180 мкг/кг (Соколов, Черников, 1999).

При потреблении свиньями кормов с высоким содержанием кадмия концентрация его в почках увеличивается от 23 до 1000 мкг/кг сырой массы, в печени – от 10 до 650, в мышечной ткани – от 0 до 82 мкг/кг. В этих условиях кормления у животных могут развиваться клинические признаки токсикоза, выражающиеся в усиленной экскреции белка с мочой. Избыток кадмия сопровождается повреждением почечных канальцев, глюкозурией, снижением в крови гемоглобина и гематокрита, анемией. Насыщение кадмием ткани почек свиней в количестве до 270 мг/кг является критическим (Mahaffey, 1984).

Для разработки профилактических мероприятий в животноводстве по получению экологически безопасной продукции необходимо прогнозирование ожидаемых уровней загрязнений продуктов. Оно осуществляется на основе знания количественных параметров перехода загрязнителей в трофических цепях. Величина перехода большинства элементов из рациона в мясо пропорциональна кумулятивным свойствам элемента в организме (Сироткин и др., 1995). П.К. Похарел (1994) изучал содержание цинка, меди, свинца и кадмия в цепи «почва – корма – организм коров» и определил влияние этих элементов на качество молока.

Состояние здоровья животных, их продуктивность, качество и безопасность продуктов животноводства во многом зависят от санитарного состояния кормов. Тем не менее проблема их загрязнения ТМ продолжает оставаться

актуальной. Загрязнение кормов ртутью, кадмием, свинцом и др. носит региональный характер и связано в основном с промышленными выбросами и повышенным естественным их содержанием в почвах. МДУ свинца в кормах составляет 3,0-5,0 мг/кг (Смирнов и др., 1999). В рационах крупного рогатого скота уровень свинца зачастую превышает МДУ в 6 раз (Рабинович, 1999).

На характер миграции техногенных загрязнителей в системе «почва – корма – животное» оказывают влияние агрохимические свойства почв. Критическими почвами, с точки зрения перехода из них поллютантов в молоко, являются болотно-подзолистые и дерново-подзолистые легко-го гранулометрического состава, которые характеризуются повышенной подвижностью элементов. Одним из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на поступление ТМ в организм животных, является тип рациона. Наиболее высокое содержание свинца – в сенном, кадмия – в сенном и силосно-концентратном (Исамов и др., 2002).

При участии разнообразных бактерий ртуть, мышьяк, кадмий, свинец способны метилироваться с образованием более токсических продуктов (Rudio, Handisson, 1999). Переходя в алкильные соединения, многие элементы приобретают липофильные свойства. В результате увеличивается период полувыведения металла из организма (Палагина, Шаманова, 2002). В результате биотрансформации многих химических соединений образуются метаболиты, обладающие большей токсичностью, чем исходные соединения (Лисицын, Чернуха, 2003).

Для разработки профилактических мероприятий в животноводстве по получению экологически безопасной продукции необходимо прогнозирование ожидаемых уровней загрязнения продуктов. Оно осуществляется на основе знания количественных параметров перехода загрязнителей в трофических цепях сельскохозяйственных животных. При

подсчете коэффициентов перехода ТМ в молоко и говядину (в процентах от содержания в рационе) показано, что наибольший размер накопления характерен для меди, железа, кадмия, хрома. Величина перехода большинства элементов из рациона в мясо пропорциональна кумулятивным свойствам элементов в организме. Зная коэффициент перехода ТМ из рациона животных в продукцию, можно прогнозировать ожидаемые уровни загрязнения последней исходя из степени загрязненности кормов по известному соотношению (Сироткин и др., 1995).

В разделе показано содержание тяжелых металлов в кормах по литературным источникам.

Содержание МЭ в продуктах животного происхождения зависит от их содержания в кормах и воде, от состава кормового рациона, вида, возраста, физиологического состояния и породы животного.

Очевидно, что содержание любых МЭ, в т.ч. ТМ, в растительном сырье, продуктах его переработки, кормах, а следовательно, продуктах животноводства будет постоянно варьировать в зависимости от почвенно-климатических, агротехнических условий, промышленной активности региона, а также условий и приемов агротехники и технологии обработки сырья.

Санитарно-гигиенические нормы содержания избыточных элементов в продуктах питания и кормах усиленно разрабатываются. Они учитывают не только содержание ТМ в продукции, но и ее долю в суточном рационе.

3. СПОСОБЫ ИНАКТИВАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

3.1. Уменьшение токсического действия тяжелых металлов в организме животных

Попытки найти вещества, которые при введении в организм могли бы предотвратить заболевания, связанные с воздействием паров и пыли ТМ, предпринимались еще врачами и учеными древнего мира. Двумя самыми важными механизмами уменьшения токсического действия являются: понижение всасывания и повышение выделения. Третьим механизмом можно назвать фиксацию или аккумуляцию токсичного микроэлемента в малоактивных тканях, например, в костях, что характерно для свинца. Кроме этого, возможна детоксикация с последующим выделением нетоксичного комплекса (Некоторые ..., 1993).

Многие металлы переходят в организме в менее вредные формы следующими путями: образование нерастворимых комплексов в кишечном тракте, транспорт металла кровью в другие ткани, где он может быть иммобилизован (например, свинец в костях), превращение печенью или почками в менее токсичную или более свободную форму. Так, в ответ на действие токсичных ионов кадмия, ртути, свинца печень и почки увеличивают синтез металлотионеинов – белков невысокой молекулярной массы, в составе которых одна треть аминокислотных остатков являются цистеином. Высокое содержание SH-групп обеспечивает прочное связывание ионов свинца.

Одним из наиболее радикальных механизмов лечения различных интоксикаций является применение препаратов антидотного типа действия. Под антидотами подразумеваются такие лечебные средства, которые будучи введенными в организм при отравлении, способны обезвредить яд,

не только циркулирующий в крови, но и уже связавшийся с какими-либо биологическими субстратами, а также ускорить выведение яда из организма. К препаратам, способным прочно связывать и тем самым обезвреживать ионы ТМ, относятся комплексоны (хелатообразователи) (Шемчук, 1966; Сорокина, 1972; Дятлова, Темкина, 1970). Хелатирующий агент должен достаточно прочно связывать металл, чтобы конкурировать с биологическими лигандами, и обладать селективностью. В случае недостаточной селективности или ее отсутствия следует ожидать вредных побочных эффектов, заключающихся в выведении других металлов, в частности кальция и цинка. Кроме того, лиганд должен быть нетоксичен сам по себе. Чтобы лиганд и его комплекс были наверняка липофобны, лиганд должен иметь больше ионизирующихся групп, чем ион металла имеет зарядов (Горбеев, 1984; Хьюз, 1983).

При лечении отравлений свинцом широко применяется ЭДТА. Для предотвращения вымывания кальция из скелета препарат применяется в виде кальциевой соли. В противном случае ЭДТА нарушает существующее динамическое равновесие и будет связывать кальций скелета (Горн, 1970).

Другим антидотом при отравлении ТМ является унитиол. Механизм его действия заключается в химическом взаимодействии SH-групп препарата с металлами, в результате чего образуются прочные малотоксичные соединения, которые выводятся из организма почками. При этом высвобождаются заблокированные ядами сульфгидрильные группы ферментов и восстанавливается их функциональная деятельность (Основы ..., 1976).

Чем выше концентрация свинца, находящегося в ионном состоянии в плазме, тем большего эффекта можно ожидать от действия комплексона как в отношении мобилизации, так и выведения свинца из организма. В то же время инкорпорированный металл, который находится в форме

труднорастворимых соединений, становится малодоступным для комплекса, что снижает эффективность его действия (Рашевская, Зорина, 1968).

А.К. Рыскулов (1988) провел сравнительную оценку эффективности антидотных препаратов, содержащих серу. Обнаружено, что тиосульфат натрия по сравнению с метионином, цистеином, унитиолом и элементарной серой обладает наиболее выраженным детоксицирующим действием. Установлено, что тиосульфат натрия при длительном введении в рацион не оказывает существенного влияния на выведение таких важных микроэлементов, как медь и цинк. Их содержание и соотношение находятся в пределах физиологической нормы.

Общие принципы терапии отравления металлами приводятся в ряде трудов (Джамбулатов и др., 1978; Лойт, Савченков, 1996; Ломака, Забельский, 1967; Лудевиг, Лос, 1983; Лужников, Костомарова, 1989).

Взаимоотношения яда и антидота могут основываться на физико-химическом антагонизме, который проявляется главным образом адсорбцией ядов такими веществами, как активированный уголь. Будучи фармакологически инертными препаратами, сорбентные антидоты реализуют свое действие еще до всасывания ядов в кровь, тем самым ослабляется токсический эффект из-за уменьшения концентрации молекул яда в биофазе – среде, непосредственно окружающей биоструктуры (Оксенгендлер, 1982).

На процесс усвоения микроэлемента организмом влияет форма соединения, в которой он поступает, и весь комплекс минеральных элементов, с которыми данный микроэлемент вступает в антагонистические и синергические взаимоотношения (Ягодин, 1995). Наличие определенной зависимости между отдельными элементами может способствовать защите животного от вредного воздействия минералов. Повышенный уровень кальция в рационе предо-

храняет организм от токсического действия свинца, а цинк увеличивает токсичность свинца (Доклад ..., 1997).

Накопление в организме токсичных элементов зависит от условий кормления, интенсивности роста, физиологического состояния животных и различных стрессовых явлений (Исидоров, 1999). Хорошим защитным эффектом при свинцовом токсикозе обладают белки. Повышенное содержание белка и кальция в рационе снижает усвоение свинца, повышает его экскрецию с калом и мочой, тем самым способствуя снижению концентрации свинца в костной и других тканях (Hill, 1979).

Поглощение микроэлементов зависит и от обеспеченности пищи витаминами, некоторых жирных кислот, фитина (Reinhold, 1973; Покровский, 1979). Все эти компоненты активно влияют и на выведение ТМ из организма. Р.Е. Андрушайте (1986) экспериментально установила, что добавка 0,5 г тиаминхлорида (витамин В₁) на 1 кг рациона снизила содержание свинца в почках на 61%, в мышцах – на 25 % по сравнению с цыплятами, получавшими в рационе добавки свинца.

Аскорбиновая кислота – ценный профилактический фактор при свинцовой интоксикации, так как она образует комплексные соединения, задерживающиеся в печени, и выделяемые с желчью (Кручакова, Полонская, 1951; Лойт, Савченков, 1996). Имеются наблюдения, что свинцовая анемия очень быстро поддается лечению витамином В₆ (Ращевская, Зорина, 1968). Витамин Е защищает эритроциты от действия свинца (Castellino, Aloj, 1964).

Дрожжи могут захватывать огромное количество ацетата свинца (1,5 г на 100 г дрожжей) без угнетения обмена веществ. УФ-облучение увеличивает выведение свинца из организма (Войнар, 1960).

В эксперименте выявлено увеличение задержки свинца при дефиците кальция, железа в корме животных, как

предполагают, за счет увеличения его всасывания в кишечнике (Barton et al., 1978, 1981). М.В. Rabinowich et al. (1980) отмечали влияние приема пищи на всасывание: чем больше промежуток времени, тем интенсивнее всасывание свинца. Кальцийсвязывающий белок птиц обладает сродством к свинцу в 4 раза большим, чем к кальцию (Fullmer, 1999). Лактоза, витамин D, аминокислоты и жиры облегчают всасывание свинца (Barltrop, 1981; Smith et al., 1978; Wasserman, Taylor, 1966).

Неслучайны многочисленные публикации о взаимоотношениях свинца и различных нутриентов в организме как попытки противопоставить свинцу защитные факторы (Levander, 1979; Mahaffey, 1984). Изучение влияния различных факторов на величину всасывания свинца в кишечнике может быть основой для целенаправленного использования тех из них, которые способны уменьшить всасывание. Наличие железа уменьшает всасывание свинца в 5 раз, кальция – в 2 раза (Любченко, 1990). Целесообразно обогатить рацион железом, серой, пектином (Любченко, 1985).

Высокомолекулярные жирные кислоты (в липидах растений), находящиеся в свободном состоянии и имеющие свободные концевые карбоксильные группы, присоединяют соли ТМ и посредством этого выводят их из организма (O'Dell, 1984).

В настоящее время широко используются энтеросорбенты. Энтеросорбция оказывает протективный эффект и может использоваться как профилактическое средство при отравлениях. В ряде работ показано положительное влияние сорбентов СУМС-1, карбоктина, полифепана при отравлении свинцом (Рачковская, 1995; Аверьянова, 1995).

В последнее десятилетие широко практикуется использование пектинов, входящих в состав многих овощей и фруктов и являющихся естественными комплексообразователями. Профилактическое действие пектинов связано с их

способностью уменьшать всасывание свинца в желудочно-кишечном тракте, предупреждать его вторичную резорбцию в кровь, способствовать усиленному выведению металла из организма (Лившиц, 1989; Чайка, 1966).

В дезинтоксикации организма, происходящей под влиянием овощей, важную роль играет выделение свинца из организма с мочой и калом. Гистологическая картина внутренних органов у животных, получавших рацион, обогащенный овощами, была аналогична контрольным животным, не подвергавшимся затравке свинцом (Лившиц, 1989).

Являясь комплексом коллоидных полисахаридов, основу которых составляет галактуровая кислота, пектины в просвете кишечника активно связывают свободными концевыми карбоксильными группами широкий спектр соединений ТМ. При этом, чем ниже степень метоксилирования, т. е. чем больше свободных карбоксильных групп, тем выше сорбционная способность пектина (Bagnery, Cineguen, 1985).

Кроме пектинов, используются также альгинаты, получаемые из морских бурых водорослей, способные выводить радионуклиды и ТМ. В Тихоокеанском институте биоорганической химии Дальневосточного отделения АН СССР получен пектин из морских трав. Он обладает выраженной способностью связывать и выводить из организма ионы ТМ (ТУ 15-1103-90). Простое объяснение профилактической роли пищевых волокон состоит в ускорении прохождения содержимого кишечника и, следовательно, в уменьшении времени контакта химических агентов со слизистой оболочкой (Тутельян, Бондарев, 1987).

Д.Н. Бондарчук (1997) изучил в качестве растительных детоксикантов различные концентрации в рационе цыплят-бройлеров облепихового жом и виватона с углем. Уровень отложения свинца в контрольной группе составил 94% (без растительных детоксикантов), в том же случае, когда добавлялся в рацион облепиховый жом, этот показатель снизился

на 18,4%. При добавлении угля с виватоном снижение было не таким значительным (10-15%). Следовательно, введенный в рацион облепиховый жом (5 г/гол. /сут) оказал более существенное влияние на выведение свинца.

И.А. Лыкасова, М.И. Рабинович (1999) исследовали кинетику ТМ в организме животных на фоне применения корня солодки. Установлена зависимость между динамикой перераспределения в органах и тканях животных цинка, свинца, никеля, железа, кобальта, меди и сроком назначения отвара корня солодки. Содержание свинца через 45 суток опыта в мясе было меньше в 1,5 раза, в крови – на 17,6%, а выделение его с фекалиями увеличивалось на 391,18% ($P < 0,001$).

В Белгородской государственной сельскохозяйственной академии разработаны препараты, обладающие анти-токсическим действием и способствующие выведению из организма ТМ. Ими являются комплексы аскорбиновой кислоты с макро- и микроэлементами: кальцевит, кацевит, цинковит, ферровит, аскор и др. Цинковит снижает содержание свинца в мышечной ткани кур на 14, аскор – на 20- 36 % ($P < 0,05$) (Бойко и др., 1996). Там же были разработаны препараты атокс, аскорб. Атокс состоит из оксида кремния, аскорб – смесь отработанного при производстве витамина С активированного угля и соли аскорбиновой кислоты. Оба препарата снижают содержание ТМ, нитратов в организме животных (Шапошников, Мусиенко, 1996).

Г.Н. Вяззенен (Новгород) провел большое число работ по влиянию растительных детоксикантов. Им были изучены с этой целью ростки ячменя, солод, сушеная крапива, лопух. Крапива оказалась самым эффективным очистителем выделительной системы свиней от ТМ (Вяззенен, 1993, 1996).

Для выведения ТМ из организма используют и минеральные вещества. Сюда относятся кремнезем, доломит, каолин (Альберт, 1971; Лебедева, 1998). Цеолиты (4-6 % от рациона) снижают содержание свинца в мышечной ткани

на 23,9, кадмия – на 40,7 % (Гамко, Талызина, 1997). Клиноптилолитовая порода обладает протекторной функцией в отношении интоксикации солями бора и ТМ (в т.ч. свинцом) (Журавская, Кику, 1995). Аналогичными свойствами обладают опалиты, монтмориллониты (Бгатов В.И., Бгатов А.В., 1995). Сорбирующие вещества должны быть механически прочными, иметь определенный химический состав, пористую структуру, не поглощать кислород и белок из крови и лимфы, не нарушать минеральный баланс в организме, быть селективными в отношении определенных классов соединений, иметь возможно высокую сорбционную емкость, не оказывать токсического влияния на органы и ткани биологического объекта (Бородин, 1995).

При использовании клиноптилолита (Хабаровское месторождение) (SiO_2 – 70,1%) цыплятам-бройлерам в количестве 5 % с кормом уровень остаточных количеств ртути в органах-накопителях (печень, почки) снизился в 2-3 раза, кадмия – в 2, свинца – в 1,5-2 раза (Тяжелые ..., 1997).

Вермикулит (1% к ОР) обеспечивает экологическую чистоту птицеводческой продукции, снижая уровни ТМ в мясе бройлеров: свинца – в 3 раза, хрома, никеля – в 10-11 раз, нитратов – на 21-41%. Использование вермикулита в птицеводстве обусловлено тесной взаимосвязью живой и неживой природы. Многогранные свойства алюмосиликата указывают на необходимость его включения в реестр добавок к рациону птиц в качестве экокорма (Кузнецов, Мухина, 1995).

На фоне цеолитовой подкормки в молоке опытных животных снизилась концентрация меди на 12,5%, мышьяка – на 7,4, кадмия – на 35, железа – на 37, свинца – на 1,2%. Цеолит не повышал концентрацию ТМ в продуктах убоя (Макаренко, Ларина, 2003).

По другим данным, природные цеолиты и бентониты малоэффективны для профилактики свинцовой интоксикации (Шайкин и др., 1997).

Селен способен ослаблять токсический эффект соединений металлов (кадмия, ртути, свинца) (Селен ..., 1995). В опытах на 6-месячных баранчиках использовали селенит натрия по 1,5 мг/голову в сутки, цеолит – 4% и комплексную подкормку в качестве детоксикантов. Детоксицирующие вещества снизили уровень свинца в крови на 27; 25; 45% (Минина и др., 2000).

При детоксикации коров – матерей и плода – детоксикационным премиксом (ДП) ежедневно в течение 2 месяцев в период сухостоя и 7-10 дней пребывания в родильных блоках у животных наблюдали повышение общей резистентности и иммунобиологической реактивности, нормализацию обмена веществ и кислотно-щелочного равновесия; отсутствовали мертворожденность телят и аборт у коров.

Наиболее эффективным методом детоксикации заболелых телят оказалось использование тиосульфата натрия в различных сочетаниях с гемодезом, витаминами Е, С, В₁₂, гипохлоритом натрия, инсулином и пробиотиком «Кейф». Отмечено, что у коров на 3-й месяц от начала применения ПД снизилось содержание ТМ в молоке (свинца, кадмия, хрома, мышьяка) (Кашин и др., 1997).

По данным И. Байцур (2000), скармливание сорбционно-активных минеральных добавок ограничивает поступление опасных для здоровья веществ. Лечебно-профилактическая кормовая добавка «Экос» (ЛПКД) из гидроалюмосиликатов месторождения Белгородской области обладает высокими сорбционными и ионообменными свойствами. ЛПКД вводилась в дозе 150 мг/кг живой массы птицы. Концентрация кадмия, меди и свинца уменьшалась на 3-24%. ЛПКД снижает на 10% содержание свинца, кадмия в организме свиней (Присный, 2000).

Выводить ксенобиотики антропогенного происхождения из организма животных чрезвычайно сложно. С этой целью используют минеральные адсорбенты: цеолиты, бен-

тониты, сапропель, хитин и его производные, гуминовые и синтетические препараты (зоосорб, ЭСТ-1, атокс и др.)

Химическая нейтрализация ксенобиотиков в крови возможна в результате реакций обезвреживающего синтеза, при этом образуются новые нетоксичные соединения, легко выделяющиеся из организма. Наиболее эффективны в этом отношении тиосульфаты натрия и кальция, гипохлорит натрия, витамины С, Е, В₁, В₁₂ и др. Благоприятно действуют антиоксиданты, стабилизирующие клеточные мембраны: аминокислоты (гистидин, метионин и др.) и селенсодержащие препараты (Кашин, 2001).

С целью детоксикации лактирующих коров использовали клинцитолит 15 г/кг рациона и препарат тыквет (из семян тыквы) – 1 г/кг живой массы. В результате содержание ТМ снизилось в крови: цинка – в 2,2 раза, кадмия – в 2,5, свинца – в 1,5 раза; в молоке: цинка – в 3,4-3,3 раза, кадмия – в 3, свинца – в 1,8-2,3 раза (Мосолова, 2002).

В этом направлении (детоксикации) успешно проводятся научные исследования профессором Г.Н. Вяйзененом и его учениками. Ими изучены, апробированы и получены положительные результаты в использовании местных дешевых, безвредных для здоровья сельскохозяйственных животных и человека компонентов и смесей, способствующих ускорению выведения ТМ из организма:

– уменьшить степень загрязнения молока ТМ за счет поступления их из почвы можно, используя в суточных рационах мякину льняную, отвары мякины, стебли льна-долгунца. Наличие лигнина и пектина в них необходимо изучать с точки зрения выведения ТМ из организма животных (Вяйзенен, 1996);

– включение жира диких и культурных животных в рационы коров позволяет изменить характер экскреции ТМ – конкуренция их в молоке снижается, а в моче увеличивается, что позволяет получить экологически чистое молоко (Вяйзенен и др., 1997);

– применение казеината пищевого, патоки свекловичной и экстракта хвойного натурального в рационе молочных коров дало положительные результаты в очищении организма от ТМ, позволило снизить уровень перехода ТМ в молоко (Вяйзенен и др., 1995);

– рапсовые корма способны снизить концентрацию ТМ в молоке коров. Семена рапса в дозе 30 г, паста из семян рапса (30г) и масло рапсовое в дозе 40 мл/гол.сут оказывают двоякое влияние на организм лактирующих коров: ТМ (цинк, медь, свинец, железо), понижаясь в молоке, выделяются в большей степени из организма с мочой. Принимая во внимание наличие ТМ в молоке в целом, следует отметить, что наилучшим вариантом подкормки явилось введение в рацион семян рапса в дозе 30 г/гол.сут (Вяйзенен, 1993);

– результаты исследований показали, что использование в рационах свиней солодовых ростков, солода, сухой крапивы, сухих листьев лопуха и цеолита природного дает возможность снизить содержание ТМ в различных органах и тканях животных (Федотов, 1996);

– для снижения степени загрязненности молока ТМ (свинца, кадмия, хрома, никеля, олова, сурьмы) в рационы лактирующих коров необходимо включать по 30 г муки из стеблей подсолнечника и листьев перца в расчете на 1 гол. в сутки (Вяйзенен и др., 1997).

При использовании кормов, загрязненных ртутью, рекомендуется вводить в рацион серосодержащие добавки – метионин, элементарную серу или тиосульфат натрия в дозе 200-300 мг/кг корма (Смирнов и др., 1999).

В загрязненные кадмием корма рекомендуется дополнительное введение цинка, если его уровень не превышает установленные нормативы (Лисунова, 2001).

Изучена сорбция кадмия и свинца рядом растительных продуктов в условиях, моделирующих процесс пищеварения. Содержание катионов свинца и кадмия в приготовлен-

ных образцах продуктов определяли атомно-абсорбционным методом спектроскопического анализа. Оказалось, что исследованные растительные продукты могут эффективно сорбировать и выводить из организма человека ТМ – свинец и кадмий (Урьяш и др., 1998).

Обсуждены результаты изучения влияния кальциевой соли ЭДТА, диэтиленetriаминпентауксусной кислоты, нитрилтриуксусной кислоты, этиленгликоль-бис (аминоэтил) тетрауксусной кислоты, D,L – меркаптоянтарной кислоты, D,L-2,3 – димеркаптопропанянтарной кислоты, тиамин, рибофлавина, пиридоксина, кобаламина и аскорбиновой кислоты на выделение из организма и детоксикацию свинца (Fischer, Hess, 1998).

Таким образом, поиск новых пищевых добавок как растительного, так и минерального происхождения, которые бы снижали ТМ в организме, является сегодня актуальной проблемой. Детоксикантами могут служить и органические соединения.

На основании собственных исследований выявлено, что под действием детоксикантов («Гумадапт», глюкоза с ЭДТА, корень пиона, активированный уголь с сульфатом магния) содержание свинца в мышечной ткани цыплят уменьшилось на 40,6-76,8% относительно 1-й опытной группы (свинцовая интоксикация). Во всех опытных группах бройлеров уменьшалась аккумуляция токсикоэлемента в костной ткани на 27,5-59,9%. Содержание свинца в мышечной ткани цыплят с возрастом снижалось. Если в возрасте одна неделя этот показатель находился на уровне 2,95-6,25 мг/ кг, то к концу выращивания он составил 0,41-2,29 мг/кг. В костной ткани наблюдалась обратная зависимость: с возрастом накопление свинца увеличивалось от 0,32-0,61 до 0,73-3,67 мг/ кг. Самым эффективным детоксикантом, уменьшающим содержание свинца в мясе птицы оказался гуминовый препарат «Гумадапт». Он снижал со-

держание свинца в мышечной ткани птицы на 30,0-76,8%. Активированный уголь с сульфатом магния снижал содержание свинца в мышцах на 2,9-69,4% (Бокова, 2002).

Установлено влияние органических и неорганических соединений селена на аккумуляцию свинца и кадмия в организме птицы. Эффективнее выводит тяжелые металлы селенит натрия. Применение селенового препарата органической природы Селена Вэл в количестве 1 МДУ селена на 1 кг корма приводит к снижению аккумуляции ТМ в различных органах и тканях птицы: свинца – на 27-62, кадмия – на 30-54%. Использование селенита натрия в количестве 1МДУ селена на 1 кг корма снижает накопление свинца в органах и тканях птицы на 44-74, кадмия – на 20-61% (Бочкарева, 2003).

Обнаружено, что включение пробиотиков в рацион птицы способствует снижению интоксикации тяжелыми металлами и оказывает положительное влияние на интенсивность роста, сохранность цыплят и экологическую чистоту выпускаемой продукции. Пробиотики (молочно-кислая добавка (МКД) и Кюссейн ЭМ Агро Обь) влияют на усвоение организмом птицы свинца и кадмия.

Для получения экологичной продукции птицеводства в рационы птицы целесообразно вводить пробиотик МКД в дозировке 0,2 мл/гол. в день. Это оказывает положительное влияние на интенсивность роста, сохранность птицы и уменьшает содержание кадмия на 65-68, свинца – на 59-70% в мышечной ткани цыплят-бройлеров (Смоляков, 2006).

Применение в качестве детоксикантов элементарной серы (3,3 г на 100 кг) и эраконда (10%-й раствор, 50 мг/кг с кормом) 2 раза в течение в 5 суток с интервалом 5 дней приводило к нормализации гомеостаза в организме крупного рогатого скота за счет позитивного влияния на все обмены веществ. В крови коров наблюдалось снижение свинца на 49,0% вследствие действия серы и на 48,4 – эраконда, в моло-

ке детоксиканты снижали содержание свинца на 22,8 и 48,0% соответственно. С.С. Шакирова (1998) рекомендует подобный курс как антидотную терапию несколько раз в год.

Использование лечебно-профилактической кормовой добавки – препарата-адсорбента, полученного на основе природного минерального сырья, также снижало концентрацию свинца и кадмия в организме утят и свиней на 10% (Байцур, 2000; Присный, 2000).

В.А. Попов (2001) рекомендует при выращивании, доращивании и откорме бычков применять облепиховый жом и цеолит в качестве кормовых добавок в сочетании 2 г/кг живой массы облепихового жома и 20-40 г/гол. цеолита (в зависимости от возраста). Это приводит к увеличению прироста живой массы, снижению содержания ТМ в организме животных и выведению их через желудочно-кишечный тракт.

Для получения экологически безопасной продукции птицеводства в неблагополучных по содержанию ТМ районах необходимо добавлять в рацион цыплят-бройлеров селенит натрия в дозах 1,0-1,5 МДУ на 1 кг корма. По мнению И.И. Бочкаревой и др., это способствует нормализации обменных процессов птицы, улучшению гематологических показателей, снижению содержания в организме птицы свинца на 44,0-74,0%, кадмия – на 25,0-60,0, увеличению прироста живой массы на 11,0-18,0, повышению сохранности птицы на 15,0-20,0 % (Бочкарева, 2003; Бокова и др., 2005).

С целью получения экологически безопасной продукции животноводства, по мнению Д.В. Спринчака, Т.И. Бочковой (2004), необходимо включать 100 г рапса в сутки на 1 голову, это способствует нормализации обменных процессов животных и снижению в органах и тканях содержания свинца на 34,6-57,5%, кадмия – на 35,7-62,8.

Двухвалентное железо, селен, цинк, кобальт предупреждают всасывание кадмия в организм, чем и можно объяснить их защитный эффект при кадмиевой интоксикации (Авцын и др., 1991; Бочкарева, 2003; Лисунова, 2001).

Для получения экологичной продукции птицеводства в неблагополучных по содержанию тяжелых металлов районах рекомендуется вводить в организм цыплят - бройлеров поливудрим в дозе 0,2 мг/кг живой массы. Это способствует нормализации обменных процессов и снижению содержания в организме птицы свинца на 44-74, кадмия – на 25-60% и увеличивает прирост живой массы на 11-18%, а также повышает сохранность птицы на 10-20% и улучшает гематологические показатели (Кропачев, 2004).

Г.Н. Вайзенен (1993) рекомендует вводить в рацион крупного рогатого скота семя и масло рапса с целью снижения содержания свинца в организме животных.

В качестве детоксикантов некоторыми авторами предлагаются витамины (Дьяченко, 1964; Берзинь, 1976; Андрушайте, 1986; Бойко и др., 1996). Вопрос о влиянии витаминов на аккумуляцию тяжелых металлов в организме животных недостаточно изучен. Данные разрозненны, нет единой системы, которая позволила бы понять механизмы их взаимодействия.

3.2. Способы повышения экологичности функциональных продуктов

3.2.1. *Растительные полисахариды как фактор создания экологических продуктов*

К растительным полисахаридам относят альгиновую кислоту и ее соли, агар, пектины, каррагинаны, камеди, крахмалы и т.д., получаемые из растений. Их разделяют на 3 основные подгруппы в зависимости от происхождения – экстракты из семян (рожковая и гуаровая камеди), экстракты собственно растений (гуммиарабик, камедь трагаканта) и гидроколлоиды из плодов и овощей (пектины и крахмалы) из морских водорослей (альгинаты и каррагинаны) (Кудряшова, 2001; Нечаев и др., 2004).

Альгиновая кислота (Е 400) и альгинаты (Е 401-405) (от лат. *alga* – водоросль) относятся к полисахаридам бурых водорослей рода *Laminaria* и *Macrocystis*, которые построены из остатков β -D-маннуровой и α -L-гулуриновой кислот, находящихся в пиранозной форме и связанных в линейные цепи (1,4)-гликозидными связями (БСЭ. Химия 1998; Химия ..., 1976) (рис. 1).

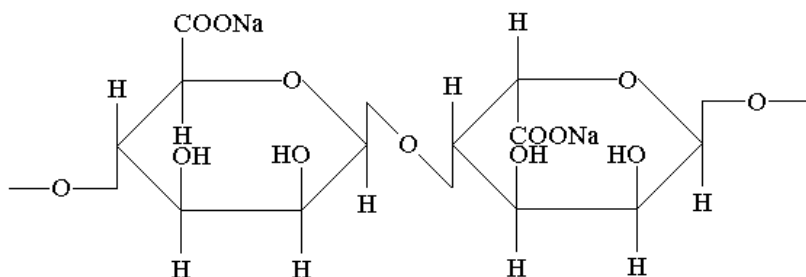


Рис. 1. Строение фрагмента молекулы альгината натрия

Соотношение полимеров и характер их распределения в молекулах альгинатов меняются в широких пределах в зависимости от сырьевого источника. Степень полимеризации молекул составляет обычно 100-300, что соответствует молекулярной массе от 200 тыс. до 600 тыс. Получают альгинаты путем щелочной экстракции разбавленными растворами соды или щелочей в виде хорошо растворимых натриевых или калиевых солей (Баев и др., 2003; Нечаев и др., 2001).

Альгинаты представляют собой желтовато-белый, иногда с сероватым оттенком, волокнистый порошок, гранулы или пластины. Их растворимость в воде зависит от природы катиона в мономерных остатках, формирующих молекулы рассматриваемых гетерогликанов. Свободные альгиновые соли плохо растворимы в холодной воде, но набухают в ней, связывая 200-300-кратное количество воды, однако они растворимы в горячей воде и растворах щелочей, образуя при подкислении гели. Натриевые и калиевые соли альгиновых

кислот (альгинаты) легко растворимы в воде с образованием высоковязких растворов. Соли с двухвалентными катионами образуют гели или нерастворимые альгинаты (Нечаев и др., 2004; Сарафанова, 2001; Химическая ..., 1998).

Каррагинаны (Е 407) объединяют семейство полисахаридов, содержащихся наряду с агаром в красных морских водорослях *Chondrus crispis*, *Eucheuma species*, *Gigartina species* и др. По химической природе они близки к агаридам и представляют собой неразветвленные сульфатированные гетерогликаны, молекулы которых построены из остатков производных D-галактопиранозы со строгим чередованием α -(1,3) и β -(1,4)-связей между ними, т.е. повторяющихся дисахаридных звеньев, включающих остатки β -D-галактопиранозы и 3,6-ангидро- α -D-галактопиранозы. В зависимости от особенностей строения дисахаридных повторяющихся звеньев различают три основных подтипа каррагинана: κ (каппа), ι (йота) и λ (лямбда) с молекулярной массой около 1 млн (Богданов, Сафронова, 1993; БСЭ: Химия, 1998; Донченко, Надыкта, 2001) (рис. 2).

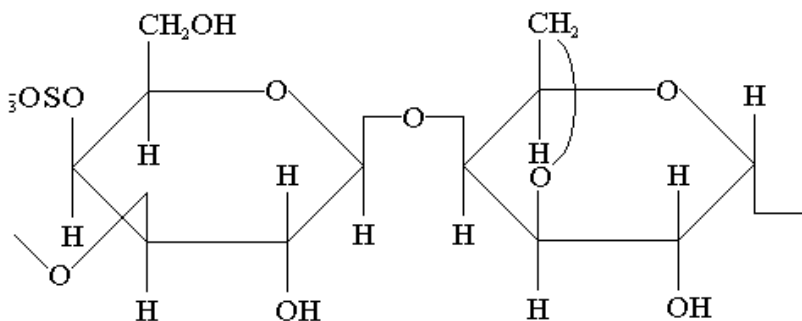


Рис. 2. Фрагмент молекулы каррагинана

Технологический процесс получения каррагинанов основан на их экстракции горячей водой с последующим выделением из раствора. В готовом виде они представляют собой аморфный, желтовато-белый порошок без запаха. Эти

полисахариды растворимы в горячей воде, а в виде натриевых солей и в холодной с образованием вязких растворов (Брюхова, Светлаков, 2003; Рогов и др., 1996; Сарафанова, 2003; Химическая ..., 1998).

Камеди – галактоманнаны – вещества, образующиеся при механическом, бактериальном или грибковом повреждении растений и их семян, выделяющиеся в виде прозрачных густеющих масс. Молекула камеди гуара (*Cyatopsis tetragonolobus*), или гуаровой камеди (Е 412), состоит из β -(1,4) гликозидно связанных остатков маннозы, где к каждому второму (1,6)-связями присоединены боковые цепи, состоящие из единичных остатков α -D-галактозы. Причем галактопиранозные структурные единицы распределены вдоль полимерной цепи маннана не равномерно, а блочно. Таким образом, полимерная цепь гуаровой камеди имеет нерегулярную структуру с чередующимися линейными и разветвленными зонами. От характера распределения этих зон, а также от соотношения галактозы и маннозы зависят основные свойства галактоманнана (Баев и др., 2003; Булдаков, 1996; Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П., 2001; Дэвис, 1966) (рис. 3).

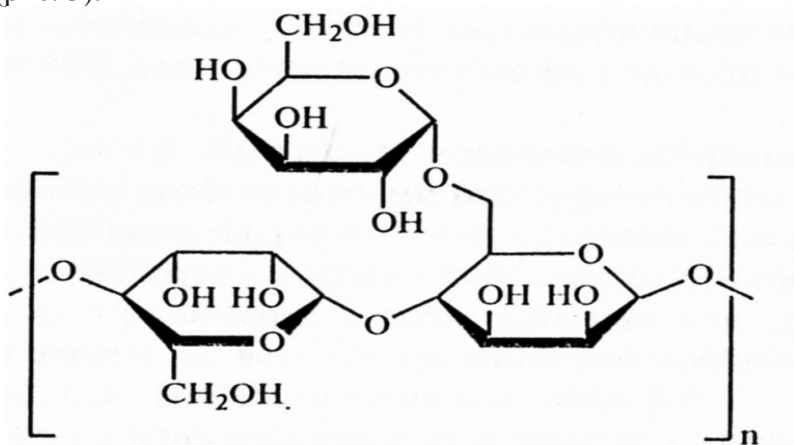


Рис. 3. Фрагмент молекулы камеди

Технология получения гуаровой камеди основана на водной экстракции полисахаридов из измельченного растительного сырья с последующим выделением и очисткой экстракта, обработкой его спиртом для выделения целевого продукта, который затем отфильтровывают, высушивают и измельчают. Это нейтральный на вкус и запах серовато-белый порошок (Нечаев и др., 2001; Сарафанова, 2001).

Препараты гуаровой камеди полностью растворяются в холодной воде с образованием клейких растворов (Мусиенко, 2003).

Вышеперечисленные полисахариды как высокомолекулярные соединения весьма гидрофильны и в связи с этим широко используются в пищевой промышленности как пищевые добавки (ПД).

Вопреки общепринятому мнению, технологические добавки не представляют угрозы для здоровья человека. Во всех отраслях пищевой промышленности, как за рубежом, так и в России, они очень эффективно применяются, при этом экономится ценное сырье. По мнению большинства ведущих ученых, по степени опасности для здоровья человека их использование находится на последнем месте (Болдырев, 2000; Орещенко, Берестень, 1996; Сарафанова, 2003). К примеру, строгие требования (высокая структурообразующая способность, безвредность, отсутствие посторонних вкуса, запаха и окраски, технологичность, масштабность и стабильность производства, приемлемая стоимость) значительно сужают круг структурообразователей, применяемых в России (Богданов, 1995).

Каррагинаны обладают высокой гелеобразующей и водосвязывающей способностью из-за наличия на поверхности молекулы отрицательных зарядов, благодаря которым легко взаимодействуют с белками и катионами, образуя прочную пространственную сетку. Это приводит к улучшению консистенции и внешнего вида пищевого продукта, на-

резаемости, сочности, стабилизации влагоудерживающей способности, уменьшению риска образования бульонно-жировых отеков, увеличению выхода. Он получается монолитным, с высоким качеством (Губернаторов, Ядковская, 2002; Забашта и др., 2003; Кадникова, Талабаева, 2005; Талабаева, Кадникова, 2001; Тамова и др., 2002; Чулкова, Гурова, 2004).

Гуаровая камедь также обладает устойчивостью к высоким и низким температурам. Она совместима с другими полисахаридами, и, как правило, в чистом виде имеет ограниченное применение в связи со своими технологическими свойствами (Богданов, Сафронова, 1993; Кудряшова, 2001; Мусиенко, 2003).

Многие исследователи наблюдали синергизм между полисахаридами: альгинатами, каррагинанами и галактоманнанами и считают, что неправильно рассматривать свойства гидроколлоидов по отдельности. Этот эффект позволяет целенаправленно регулировать структурно-механические характеристики получаемых гелей, снижая как стоимость самой структурообразующей композиции, так и готового продукта (Подвойская, Кучерук, 2004; Светлаков и др., 2001; Morris, 1987).

Наряду с ценными поверхностными свойствами, полисахариды характеризуются довольно широким спектром биологической активности и представляют самостоятельный интерес для медицинской практики (Аминина, Вишневская, 2001; Гуринов, Ажгихин, 1981).

Известно, что каррагинан обладает антиязвенной, антивирусной, антикоагулирующей активностью, оказывает иммуностимулирующий и иммуносупрессорный эффекты и используется при лечении септических язв, ингибирует легочные метастазы, является энтеросорбентом, способен ингибировать развитие гриппа В и эпидемического паротита (Gerber et al., 1958; Witt, 1985). Он относится к растворимым пищевым волокнам (не расщепляется в желудочно-кишеч-

ном тракте человека), занимает важное место в питании. Доказано, что каррагинаны играют большую роль в регулировании гомеостаза, нормализуют работу кишечника, положительно действуют на среду обитания бактерий в нем, достаточно эффективно влияют на метаболические и функциональные нарушения, лежащие в основе так называемых болезней цивилизации (атеросклероза, сахарного диабета, ожирения, ишемической болезни сердца и др.) (Дудкин, Щелкунов, 1998; Ипатова и др., 2004; Кадникова, Талабаева, 2005; Погожева, 1998; Steigman, 2003).

Растворимые соли альгиновой кислоты, в том числе альгинат натрия, безвредны для организма, их 1%-е водные растворы нейтральны, обладают антимикробными и другими фармакологическими свойствами, поддерживают основную облигатную микрофлору кишечника, подавляя деятельность факультативных микроорганизмов (стафилококков, грибов рода *Candida*), оказывают обволакивающее действие и способствуют значительному ослаблению патологических рефлексов, в т.ч. и болевых. Клинические исследования альгината натрия показали значительный терапевтический эффект при лечении гастроэзофагальных рефлексов и других желудочно-кишечных заболеваний. Механизм его действия следующий: при поступлении в желудок раствор альгината обволакивает его стенки, в результате смешивания с соляной кислотой желудочного сока образуется гелевая структура альгиновой кислоты, которая покрывает слизистую по типу желудочной повязки, способствует заживлению язв желудка и 12-перстной кишки. Данный процесс также регулирует деятельность pH-рецепторов, поддерживая кислотообразующую функцию желудка на нормальном уровне (Подкорытова, 2001).

Альгинат кальция обладает кровоостанавливающим эффектом. Вакцины с альгинатом натрия ослабляют всасывание радиоактивного стронция из желудочно-кишечного тракта, что подтверждено многократно (Sutton, 1967).

Э.И. Хасиной и др. доказано повышение физической активности интактных животных (крысы линии Wistar) под влиянием альгиновой кислоты на 33%. Этот эффект можно объяснить увеличением кортикостерона в плазме крови. Мышечная нагрузка под влиянием альгиновой кислоты протекала при существенно меньших потерях запасов быстро мобилизуемых источников энергии (гликоген, АТФ, креатинфосфат) и при меньшем нарастании лактата и пирувата (Хасина и др., 2001; Хасина, Сгребнева, 2004).

Камеди также снижают уровень холестерина в крови, атерогенных фракций липопротеидов, хотя механизм их действия до конца не ясен. Они замедляют всасывание простых углеводов и жиров, улучшают реологические показатели крови и уменьшают агрегацию тромбоцитов, связывают избыток пищевого натрия. Камеди стимулируют перистальтику кишечника, усиливают выделение желчи, способны адсорбировать продукты обмена микроорганизмов, желчной кислоты, поступающие в кишечник (Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П., 2001; Донченко, Надыкта, 2001).

Нами была разработана рецептура модельного фарша на основе мяса цыплят-бройлеров с добавлением пищевых добавок из природных полисахаридов (Инербаева, Бокова, 2007).

В исходных модельных фаршах с пищевыми добавками и ТМ (2–5-я группы) содержание их в фарше достоверно отличалось от этого показателя в фарше-контроле.

Была определена кислотность фаршей каждой группы: в контроле – 8,7, в фарше с пектином – 7,67, с альгинатом – 6,4, с каррагинаном – 6,03(ед. рН).

Опыт проводили на белых крысах линии Wistar аут-бредного разведения, по принципу аналогов было сформировано 5 групп лабораторных животных в возрасте 2,5 месяца: 1-я группа – контроль, МФ; 2-я группа – МФ + 3% альгината натрия; 3-я группа – МФ + 3% пектина; 4-я группа – МФ + 0,5% каррагинана; 5-я группа – МФ с ТМ.

После проведения эксперимента у крыс была взята кровь для исследования биохимических показателей в сыворотке крови (табл. 16).

Общий белок в сыворотке крови лабораторных животных контрольной группы составил 106,4 г/л. По сравнению с контролем в сыворотке животных 2-й группы он снизился на 14,7%, в 3-й группе – на 13,5, в 4-й – на 12% ($P \leq 0,05-0,01$).

Таблица 16

Изменение биохимических показателей сыворотки крови крыс при скормливания пищевых добавок

Показатель	Группа				
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Общий белок, г/л	106,4 ± 2,84	90,8 ± 5,19*	92,0 ± 3,95*	93,6 ± 2,48**	86,8 ± 4,091**
Мочевина, ммоль/л	10,1 ± 0,1	9,12 ± 0,21***	9,32 ± 0,97	9,76 ± 0,12*	8,62 ± 0,229***
Фосфор, ммоль/л	2,5 ± 0,12	2,36 ± 0,93	1,66 ± 0,09***	1,82 ± 0,14**	1,47 ± 0,10***
Кальций, ммоль/л	1,67 ± 0,09	1,64 ± 0,08	1,1 ± 0,07***	1,6 ± 0,12	1,1 ± 0,07***
Общий холестерин, ммоль/л	1,27 ± 0,05	0,67 ± 0,06***	0,91 ± 0,04***	1,15 ± 0,11	1,19 ± 0,096
ЛВП-холестерин, ммоль/л	0,23 ± 0,012	0,15 ± 0,01***	0,19 ± 0,01*	0,21 ± 0,01	0,22 ± 0,01

Содержание неорганического фосфора в сыворотке контрольной группы крыс составило 2,5 ммоль/л, во 2-й группе снизилось на 5,6%, в 3-й группе – на 33,6 и в 4-й – на 27,2% ($P \leq 0,01-0,001$).

Содержание общего холестерина в сыворотке крови крыс в контроле составило 1,272 ммоль/л, наибольшее снижение произошло во 2-й группе – на 47,3%, в 3-й – на 28,3, в 4-й – на 9,4% ($P \leq 0,001$).

ЛВП-холестерин в контроле составил 0,232 ммоль/л,

наибольшее снижение по сравнению с контролем произошло во 2-й группе – на 34,5%, в третьей группе – на 16,4, в 4-й – на 8,6% ($P \leq 0,05-0,001$). В целом по всем биохимическим показателям сыворотки крови лабораторных животных произошли достоверные изменения.

Наилучшим гипохолестеринемическим действием из изученных пищевых добавок обладает альгинат натрия.

Одним из основных показателей физиологического состояния лабораторных животных является живая масса. Только в 4-й опытной группе произошло достоверное увеличение этого параметра на 15,7 % относительно интактных животных. В группе, потреблявшей МФ без полисахаридов, масса животных уменьшилась на 8,8% ($P \leq 0,01$).

Было определено также содержание тяжелых металлов во внутренних органах крыс.

В контрольной группе содержание кадмия в органах лабораторных животных находилось в следующей последовательности в порядке уменьшения: почки > сердце > селезенка > печень. В 5-й группе, потреблявшей МФ с ТМ без пищевых добавок, содержание кадмия в почках увеличилось в 7 раз ($P \leq 0,01$), в сердце – в 6,4 ($P \leq 0,001$), в селезенке – в 5,2 ($P \leq 0,001$), в печени – в 5,7 раза ($P \leq 0,001$).

Во 2-й группе, потреблявшей фарш с альгинатом натрия, содержание кадмия уменьшилось по сравнению с органами крыс 5-й группы (без ПД) в сердце в 3,8 раза, в почках – в 3,1, в селезенке – в 3,3, в печени – в 3,6 раза.

В 3-й группе, потреблявшей фарш с пектином, содержание кадмия уменьшилось в сердце в 2,5 раза, в почках – в 2,9, в селезенке – в 2,7, в печени – в 3,6 раза.

В 4-й группе, потреблявшей МФ с каррагинаном, содержание кадмия уменьшилось в сердце в 4,1 раза, в почках – в 3, в селезенке – в 4,2, в печени – в 4,2 раза.

Таким образом, на фоне применения пищевых добавок содержание кадмия уменьшилось в органах животных всех

опытных групп и по многим органам вышло на уровень крыс контрольной группы (ОР).

В контрольной группе содержание свинца в органах лабораторных животных находилось в следующей последовательности в порядке уменьшения: печень > селезенка > сердце > почки. В 5-й группе, потреблявшей МФ с ТМ без пищевых добавок, содержание свинца увеличилось в печени в 7,8 раза, в селезенке – в 5, в сердце – в 3,6, в почках – в 2,7 раза ($P \leq 0,05-0,001$).

Во 2-й группе, потреблявшей фарш с альгинатом натрия, содержание свинца уменьшилось по сравнению с органами крыс 5-й группы (без ПД) в сердце в 2,3 раза, в почках – в 1,2, в селезенке – в 1,5, в печени – в 1,9 раза.

В 3-й группе, потреблявшей фарш с пектином, содержание свинца уменьшилось в сердце в 1,4 раза, в почках – в 1,1, в селезенке – в 1,6, в печени – в 2 раза.

В 4-й группе, потреблявшей МФ с каррагинаном, содержание свинца уменьшилось в сердце в 1,6 раза, в почках – в 1,4, в селезенке – в 2, в печени – в 2,2 раза.

Таким образом, на фоне применения пищевых добавок содержание свинца уменьшилось в органах животных всех опытных групп и по многим органам вышло на уровень крыс контрольной группы (ОР), но свинец, по нашим результатам, «менее подвижный», чем кадмий.

После завершения опыта было определено содержание ТМ в мышцах лабораторных животных (табл.17).

Произошло достоверное увеличение содержания ТМ в мышцах крыс 5-й группы по сравнению с контрольными. По сравнению с крысами 5-й группы, которым скармливали модельный фарш с тяжелыми металлами, произошло снижение кадмия в мышцах животных 2-й группы на 28,4%, 3-й – на 31, 4-й – на 29%. Содержание свинца достоверно снизилось в мышцах крыс 2-й группы – на 14%, 3-й – на 17, 4-й – на 21%.

Содержание тяжелых металлов в мышцах крыс, мг/кг

Группа	Кадмий	Медь	Цинк	Свинец
1-я	0,042±0,027	0,263±0,038	3,441±0,513	0,284±0,013
2-я	0,144±0,01*	0,524±0,056*	5,215±1,135	0,683±0,105*
3-я	0,139±0,018*	0,517±0,068*	5,113±0,790	0,661±0,023**
4-я	0,123±0,015*	0,475±0,063*	4,881±0,656	0,632±0,041**
5-я	0,201±0,019**	0,844±0,068**	8,419±0,290**	0,795±0,07**

Представленные результаты исследований свидетельствуют о положительной роли природных полисахаридов в решении проблемы выведения ТМ из живых организмов. Их биологическая безвредность позволяет решать ряд технологических задач при разработке новых ресурсосберегающих технологий.

Научной гипотезой проведенных исследований является то, что альгинаты, каррагинаны и камеди обладают достаточным количеством функциональных групп (-ОН, -COOH, -SO₃ и др.) для связывания токсичных элементов и выведения их из организма без ущерба для него, так как они являются природными ионообменниками (Бакулина, 2000; Подкорытова и др., 1998; Рогов, Антипова, 2000). Полисахариды не перевариваются организмом – их относят к безвредным балластным веществам – пищевым волокнам, которые задерживают поступление вредных веществ из пищеварительного тракта и ускоряют их выведение из организма (Браудо, Данилова, 2001; Донченко, Надыкта, 2001; Лисицын и др., 2002; Литвинова и др., 2002).

Включение альгинатов, каррагинанов и камедей в рецептуры различных продуктов питания лечебно-профилактического назначения, помимо улучшения органолептических свойств, способствует снижению концентрации токсичных элементов в пище и живом организме за счет на-

личия у них комплексобразующих свойств (Расулов и др., 2003; Тамова и др., 2002).

Сотрудниками ГНУ СибНИПТИП СО Россельхозакадемии была разработана рецептура мясного рубленого полуфабриката из мяса цыплят-бройлеров с альгинатом и каррагинаном и проведено исследование по накоплению, и распределению токсичных элементов во внутренних органах лабораторных животных. Крысам скармливали модельный фарш на основе мяса цыплят-бройлеров с повышенным содержанием свинца и кадмия с добавлением растительных полисахаридов. Установлено, что в сердце крыс, потреблявших как детоксикант альгинат натрия, происходило снижение содержания кадмия в 4 раза и в 2 раза – в группе, получавшей каррагинан. В почках животных у тех же групп происходило снижение концентрации ТМ в 3 раза. В селезенке крыс наблюдалось снижение кадмия в 4, свинца – в 2 раза, в печени – в 5 и 2 раза соответственно у крыс, потреблявших каррагинан. В печени тех же животных было замечено уменьшение концентрации кадмия в 5 раз, свинца – в 2 (Бокова, Инербаева, 2003; Инербаева, 2005).

Возможно, снижение токсичных элементов в организме происходит за счет того, что растительные полисахариды также являются энтеро- или фитосорбентами. Они регулируют обменные процессы, улучшают работу печени и почек, попадая в желудочно-кишечный тракт, набухают в водной среде и образуют структуры. Это стимулирует опорожнение кишечника, нормализует скорость всасывания в тонкой кишке (Донченко, Надыкта, 2001).

Н.Ш. Кайшевой и др. (2002) проведен опыт на крысах с применением запатентованного лечебно-профилактического средства, обладающего детоксикационной способностью, с альгинатом натрия. Средство нормализовывало общее состояние животных при экспериментальной свинцовой интоксикации.

Д.Л. Носенко и сотрудниками ГНУ СибНИПТИП были проведены исследования на модельных животных крысах по установлению влияния полисахаридов в качестве компонентов рыбных продуктов на ряд показателей (Носенко, 2007).

В табл. 18 представлена динамика роста лабораторных животных в период проведения физиологического опыта. Начальное определение живой массы крыс было проведено перед постановкой животных на опыт, последующие – через каждые 7 дней. Последнее взвешивание крыс провели перед забором крови для исследования биохимических показателей при хронической интоксикации свинцом и кадмием.

Схема опыта: контрольная группа – основной рацион (ОР) + рыбный фарш (РФ); 1-я опытная группа – ОР + РФ с 2,0 мг Pb на 1 кг и 0,4 мг Cd на 1 кг (ТМ); 2-я опытная группа – ОР+ РФ с ТМ и 0,5%-й композицией каррагинан: камедь = 3 : 1; 3-я опытная группа – ОР+ РФ с ТМ и 0,5% альгината натрия.

Первое взвешивание лабораторных животных, проведенное во время физиологического опыта, показало, что масса крыс 2-й и 3-й опытных групп, получавших растительные полисахариды в качестве детоксикантов, была больше в 1,21-1,22 раза (на 20,69-21,97%), чем в контрольной ($P \leq 0,05$). Между массами лабораторных животных опытных групп достоверной разницы по живой массе не наблюдалось ($P \geq 0,05$).

Таблица 18

Динамика живой массы крыс, г

Срок эксперимента, неделя	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
1	183,50±8,70	187,50±10,41	196,25±9,47	196,25±4,79
2	195,75±6,75	206,25±11,09	236,25±33,26*	238,75±24,96*
3	238,75±8,539	253,75±16,52	273,75±50,56	272,75±38,13
4	281,25±8,54	272,50±29,01	282,25±55,29	280,75±48,19

Среднесуточный прирост крыс представлен в табл. 19. Установлено, что после первого взвешивания наибольшие среднесуточные приросты наблюдались у животных 2-й и 3-й опытных групп, получавших детоксиканты, – в 3,26 и 3,47 раза по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$). У крыс 1-й опытной группы он составлял 2,68 г, что больше контрольного значения в 1,53 раза.

Второе взвешивание лабораторных животных показало, что среднесуточный прирост крыс контрольной группы увеличился в 3,51 раза, 1-й опытной группы – в 2,53 раза по сравнению с первым взвешиванием.

Таблица 19

Динамика среднесуточных приростов, г

Группа	1-е взвешивание	2-е взвешивание	3-е взвешивание	Средний
Контрольная	1,75	6,14	6,07	4,65
1-я	2,68	6,79	2,69	4,05
2-я	5,71*	5,36	1,21	4,09
3-я	6,07*	4,86	1,14	4,02

Однако у крыс, получавших растительные полисахариды, среднесуточные приросты незначительно снизились (на 6,13 и 19,93% соответственно) относительно предыдущего взвешивания. У животных 2-й и 3-й опытных групп по сравнению с контрольной они уменьшились в 1,15-1,26 раза, а в 1-й опытной группе, наоборот, увеличились в 1,11 раза.

Третье взвешивание животных показало, что среднесуточный прирост крыс контрольной группы остался практически без изменений, а у крыс опытных групп он резко снизился: в 1-й в 2,5 раза, во 2-й и 3-й опытных группах, получавших детоксиканты, в 4,43 и 4,26 раза соответственно.

Относительно контрольной группы среднесуточные

приросты крыс опытных групп также значительно уменьшились – в 2,26; 5,02 и 5,34 раза в 1, 2 и 3-й опытных группах соответственно.

Таким образом, установлено, что свинец и кадмий отрицательно влияют на величину среднесуточного прироста, уменьшая ее в несколько раз. Была определена также масса сердца, печени, почек и селезенки лабораторных животных по окончании физиологического опыта.

Масса сердца крыс 1, 2 и 3-й опытных групп увеличилась относительно контрольной группы в 1,15; 1,10 и 1,11 раза соответственно. При интоксикации происходит усиление кровотока как реакция организма на отравляющие вещества, вследствие чего орган увеличивается. Между величиной этого органа в опытных группах животных достоверных отличий не наблюдалось, но во 2-й и 3-й опытных группах, получавших детоксиканты, она была меньше на 3,60-4,62% по сравнению с 1-й.

Почки обеспечивают постоянство внутренней среды, регулируют водно-волевой обмен, кислотно-щелочное равновесие, выведение из организма конечных продуктов обмена, стимулируют эритропоэз. При избыточном поступлении кадмия и свинца они накапливаются в органах выделительной системы, нарушая их деятельность (Хмельницкий, 1990).

Относительно контроля в 1-й опытной группе крыс под действием повышенных концентраций свинца и кадмия произошло увеличение массы почек на 6,36%. У животных 2-й и 3-й опытных групп по сравнению с контролем масса почек увеличилась на 4,51-5,63%. По сравнению с 1-й опытной группой грызунов у 2-й и 3-й опытных групп величина почек незначительно уменьшилась – на 0,77-1,94%.

У опытных групп животных, подвергавшихся свинцовой и кадмиевой интоксикации, печень увеличилась на 22,88-30,27% по сравнению с контрольной группой. Масса

этого органа у 2-й и 3-й опытных групп, которым как детоксикант скормливали альгинат натрия и композицию каррагинана с камедью, относительно 1-й опытной группы незначительно снизилась (на 2,40-9,58%).

Селезенка относится к органам кроветворения, однако также служит местом утилизации стареющих эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. В ней образуются антитела, она является важным депо крови (Гольдберг, 1989).

Масса селезенки крыс также увеличилась во всех опытных группах относительно контрольной на 9,76-22,27%. Однако во 2-й и 3-й опытной группах, получавших детоксиканты, по сравнению с 1-й опытной группой наблюдалось снижение массы селезенки на 3,74-13,86%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что достоверных изменений по массе внутренних органов за время проведения исследований не произошло, хотя во 2-й и 3-й опытных группах, которым скормливали в качестве детоксикантов альгинат натрия и композицию из каррагинана и камеди, относительно 1-й опытной группы, получавшей только повышенные концентрации ТМ, отмечалась тенденция к уменьшению массы паренхиматозных органов и сердца из-за патологического процесса, вызванного повышенными концентрациями свинца и кадмия.

Биохимический анализ сыворотки крови лабораторных животных показал, что в организме животных произошли достоверные изменения в результате хронической интоксикации свинцом и кадмием (табл. 20).

У крыс опытных групп наблюдалась анемия – уменьшение содержания гемоглобина на 53,2 ($P \leq 0,01$); 26,4 и 21,3% ($P \geq 0,05$) в 1, 2 и 3-й опытных группах соответственно. Однако на фоне применения детоксикантов во 2-й и 3-й опытных группах концентрация гемоглобина увеличилась на 57,3-68,2% относительно 1-й опытной группы, получавшей только повышенные концентрации ТЭ ($P \leq 0,05$).

**Изменение биохимических показателей крыс при скормливании
природных полисахаридов**

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Гемоглобин, г/л	81,08±10,35	37,95±8,91**	59,68±21,33	63,83±11,78
Общий бе- лок, г/л	71,90±5,60	61,00±9,10*	69,50±2,80	64,80±3,60
Активность щелочной фосфатазы, Е/л	63,27±5,05	41,39±3,03**	56,19±3,53**	60,52±3,06
Глюкоза, моль/л	11,00±1,60	4,80±0,80**	7,50±0,50**	9,80±0,60
Кальций, моль/л	3,00±0,30	2,60±0,10*	2,90±0,10	2,80±0,30
Фосфор, моль/л	3,60±0,30	4,30±0,20**	2,00±0,10**	2,20±0,20**

Концентрация общего белка сыворотки крови крыс в 1-й опытной группе снизилась по сравнению с контролем на 15,2% ($P \leq 0,05$). Во 2-й и 3-й опытных группах животных, получавших растительные полисахариды в качестве детоксикантов, концентрация белка уменьшилась на 3,3 и 9,9% соответственно и не отличалась от этого показателя у интактных животных ($P \geq 0,05$).

Щелочная фосфатаза – гидролитический фермент, синтезируемый в основном в печени. Он катализирует гидролиз многих фосфорных эфиров, отвечает за построение костной ткани. Резкое снижение ее активности в 1-й опытной группе животных на 34,6% ($P \leq 0,01$) по сравнению с контролем соответствует повышению содержания неорганического фосфора и белка в крови. Во 2-й группе уменьшение этого показателя составило 11,2 ($P \leq 0,01$), в 3-й – 4,4%.

В результате скормливания опытным животным повышенных доз свинца и кадмия наблюдалось уменьшение кон-

центрации глюкозы в сыворотке крови на 10,9 ($P \geq 0,05$); 31,8 и 56,4% ($P \leq 0,01$) в опытных группах соответственно, что согласуется с нарушением функции печени и снижением уровня белка, а у крыс, получавших детоксиканты (2-я и 3-я опытные группы), содержание глюкозы увеличилось в 1,56-2,04 раза относительно животных 1-й опытной группы ($P \geq 0,05$).

Из минеральных веществ крови необходимо отметить важную роль постоянства кальция и неорганического фосфора. В норме соотношение кальция и фосфора в плазме крови млекопитающих животных составляет 2:1 плюс-минус 0,3 (Зайцев, Конопатов, 2004). Результаты биохимического исследования показали, что во всех группах этот баланс был нарушен. Если в контроле отношение кальций : фосфор равнялось 1:1,2, то в 1-й опытной группе оно еще больше сдвинулось к фосфору и составило 1:1,65, а добавление детоксикантов во 2-й и 3-й опытных группах способствовало улучшению этого показателя до 1,45:1 и 1,27:1. Отклонение в содержании кальция и фосфора косвенно свидетельствует о снижении уровня белка в крови, о подавлении защитных реакций организма.

Кальций участвует во многих внутри- и внеклеточных процессах, в том числе в сократительной функции сердечной и скелетной мышц, нервной проводимости, регуляции активности ферментов, доставке многих гормонов (Гольдберг и др., 1973).

Содержание кальция в сыворотке крыс 1-й опытной группы снизилось на 13,3% ($P \leq 0,05$). Вследствие действия детоксикантов у лабораторных животных 2-й и 3-й опытных групп его концентрация восстановилась до значения контрольной группы крыс ($P \geq 0,05$). Причиной снижения кальция в крови могут быть почечная недостаточность, низкий уровень белка в крови, его вытеснение из обмена веществ путем замещения родственными элементами, в частности, свинцом.

Фосфор является незаменимым элементом, он участвует практически во всех физиологических химических процессах. Наиболее распространенной причиной гиперфосфатемии является почечная недостаточность (Хмельницкий, 1990).

Изменилась концентрация фосфора в сыворотке крови крыс – по сравнению с контрольной группой она увеличилась у животных 1-й опытной группы на 19,4% и уменьшилась во 2-й и 3-й опытных группах животных на 44,5 и 38,9% соответственно ($P \leq 0,01$).

Таким образом, потребление свинца и кадмия в повышенных концентрациях приводит к нежелательным изменениям морфобиохимических показателей сыворотки крови крыс, а скормливание с кормом детоксикантов – растительных полисахаридов нормализует их.

Исследования по определению содержания свинца в органах и тканях лабораторных животных были проведены методом инверсионной вольтамперометрии и представлены в табл. 21.

Таблица 21

Содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных, мг/кг

Органы и ткани	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Сердце	0,151±0,021	0,202±0,005**	0,161±0,022	0,168±0,006
Почки	0,155±0,002	0,471±0,006**	0,198±0,007**	0,177±0,011**
Печень	0,051±0,002	0,141±0,023**	0,077±0,006**	0,066±0,004
Селезенка	0,222±0,005	0,314±0,023**	0,222±0,021	0,229±0,007
Мышечная ткань	0,107±0,004	0,177±0,006**	0,120±0,004**	0,119±0,002**
Костная ткань	0,012±0,001	0,038±0,001**	0,016±0,001**	0,017±0,001**

В результате исследований установлено, что в сердце 1-й опытной группы крыс произошло достоверное увеличение содержания свинца по сравнению с контролем ($P \leq 0,01$).

Под действием детоксикантов у животных 2-й и 3-й опытных групп концентрация свинца в сердце уменьшилась на 16,83-20,30% ($P \leq 0,01$) относительно 1-й опытной группы и достоверно не отличалась от контрольной группы ($P \geq 0,05$).

В почках животных во всех опытных группах содержание токсиканта превышало контрольное значение в 3,04; 1,28 и в 1,14 раза ($P \leq 0,01$) соответственно. Однако применение полисахаридов уменьшило концентрацию свинца на 57,96 и 62,42% ($P \leq 0,01$).

Концентрация металла в печени крыс увеличилась в 1-й опытной группе в 2,76 раза, во 2-й – в 1,51 ($P \leq 0,01$) и в 3-й – 1,29 раза. Однако относительно лабораторных животных 1-й опытной группы, получавшей рыбный фарш и токсичные элементы, в остальных опытных группах крыс происходило значительное уменьшение концентрации свинца вследствие действия детоксикантов – на 45,39 и 53,19% ($P \leq 0,01$).

В селезенке у животных 2-й и 3-й опытных групп содержание свинца относительно 1-й опытной группы снижалось на 27,07-29,30% вследствие применения детоксикантов, но достоверно не отличалось от контроля ($P \geq 0,05$).

Содержание свинца в мышечной ткани животных во 2-й и 3-й опытных группах по сравнению с 1-й опытной под действием детоксиканта снизилось в 1,48-1,49 раза (на 32,2-32,77%), а в костной ткани в 2,24-2,38 раза (на 55,26%) ($P \leq 0,01$).

Таким образом, в исследованиях установлено, что растительные полисахариды существенно снижают концентрацию свинца в органах и тканях лабораторных животных (на 16,83-62,42%).

Содержание кадмия в организме лабораторных животных приведено в табл. 22.

В физиологическом опыте на лабораторных животных установлено, что содержание кадмия в сердце крыс отличалось только в 1-й и 3-й опытных группах ($P \leq 0,01$) и превышало контроль в 1,81 и 1,42 раза соответственно. Но под

действием детоксикантов у крыс 2-й и 3-й опытных групп происходило снижение концентрации кадмия на 21,54-40,24% по сравнению с 1-й опытной группой ($P \leq 0,01$).

Таблица 22

Содержание кадмия в органах и тканях лабораторных животных, мг/кг

Органы и ткани	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Сердце	0,0136±0,0001	0,0246±0,001**	0,0147±0,001	0,0193±0,001**
Почки	0,0152±0,001	0,0556±0,002**	0,0187±0,001	0,0196±0,003*
Печень	0,0231±0,002	0,0639±0,003**	0,0316±0,003**	0,0244±0,002
Селезенка	0,0131±0,002	0,0592±0,008**	0,0153±0,001	0,0199±0,007
Мышечная ткань	0,0025±0,0003	0,0251±0,001**	0,0137±0,001**	0,0134±0,001**
Костная ткань	0,0150±0,001	0,0219±0,001**	0,0160±0,001	0,0187±0,0005**

В почках животных 1-й и 3-й опытных групп также произошло достоверное увеличение концентрации кадмия – в 3,66 и 1,29 раза ($P \leq 0,05-0,01$) относительно контрольной группы. Но по сравнению с 1-й опытной группой у животных, получавших полисахариды в качестве детоксикантов, содержание токсиканта уменьшилось на 64,75-66,37% ($P \leq 0,01$).

Содержание кадмия в печени крыс увеличилось в 1-й опытной группе в 2,77 раза, во 2-й – в 1,37 ($P \leq 0,01$) и в 3-й только в 1,06 раза ($P \geq 0,05$). Однако относительно 1-й опытной группы животных, аналогично, как и в случае со свинцом, у крыс 2-й и 3-й опытных групп, получавших детоксиканты, происходило значительное снижение концентрации кадмия в печени крыс – на 50,55 и 61,82% ($P \leq 0,01$).

В селезенке лабораторных животных, в опытных группах, получавших детоксиканты – растительные полисахариды, не обнаружено достоверного увеличения концентрации кадмия ($P \leq 0,05$), а в 1-й опытной группе она возросла в 4,52 раза ($P \leq 0,01$). В селезенке 2-й и 3-й опытных групп живот-

ных содержание металла по сравнению с 1-й опытной группой снижалось на 66,39-74,16% ($P \leq 0,01$).

В мышечной ткани крыс содержание кадмия в опытных группах превышало контрольное значение в 5,36-10,04 раза ($P \leq 0,01$), относительно 1-й опытной группы у животных 2-й и 3-й опытных групп, получавших детоксиканты, концентрация токсичного элемента в мышцах снизилась в 1,83-1,87 раза (на 45,42-46,61%) ($P \leq 0,01$).

Содержание кадмия в костной ткани крыс опытных групп превышало контрольное значение в 1,46; 1,07 и 1,25 раза соответственно ($P \leq 0,01$). Однако концентрация тяжелого металла в костной ткани лабораторных животных 2-й и 3-й опытных групп по сравнению с 1-й опытной группой, которая получала повышенное содержание металла без детоксиканта, уменьшилось в 1,17-1,37 раза, т. е. на 14,61-26,94 % ($P \leq 0,01$). При этом содержание кадмия во 2-й опытной группе достоверно не отличалось от контроля ($P \geq 0,05$).

Из данных эксперимента следует, что растительные полисахариды снижают содержание кадмия в органах и тканях лабораторных животных на 14,61-74,16% ($P \leq 0,05-0,01$).

Применение растительных полисахаридов в качестве детоксикантов снижает концентрацию ТМ в органах и тканях животных при хронической свинцовой и кадмиевой интоксикации.

Таким образом, можно сделать вывод, что растительные полисахариды благотворно влияют не только на органолептические показатели пищевых продуктов, но и на организм, нормализуя обмен веществ, улучшая тем самым качество жизни животных и человека.

3.2.2. Компоненты пищевых продуктов, способствующие детоксикации тяжелых металлов

При разработке рецептуры лечебного питания большое значение приобретают добавки, выводящие металлы из

организма человека. Это могут быть порошки, полученные путем криогенного измельчения высушенного растительного сырья: свеклы, яблока, моркови, укропа. В модельных исследованиях установлена сорбция свинца из раствора 13-63% по массе, кадмия – 29-72. Они могут быть применены как компоненты лечебного питания, выводящие ТМ из организма (Урьяш и др., 1999б).

Возможно добавление в рецептуры мясoproductов веществ, обладающих детоксицирующими свойствами, например, пищевых волокон, в частности облепиховой муки. Была разработана и утверждена НТД на колбасу «Обогащенная» (Чебукина и др., 1998).

Изучены сорбционные свойства грибного порошка из вешенки обыкновенной. Порошок уменьшал высокое содержание свинца (II) и меди, а цинка и кадмия – нет.

Изучена сорбция хитином, выделенным из гриба вешенки, катионов стронция, цезия, кадмия и свинца в условиях, моделирующих процесс пищеварения в желудке и кишечнике человека. Показано, что хитин – хороший сорбент ТМ, причем его эффективность выше по отношению к свинцу (83% массовых) (Урьяш и др., 1999а).

На современном этапе лечебно-профилактическое питание предполагает более четкую дифференциацию применительно к тем или иным вредным факторам, воздействующим на организм человека. Лечебно-профилактические продукты питания в том числе нейтрализуют вредные вещества, способствуют их быстрейшему выведению из организма (Дудкин, Щелкунов, 1998; Мицык, Невольниченко, 1994; Бобренева, 2003а).

Функциональные добавки, или биологически активные добавки (БАД), являются основным компонентом рецептуры, придающим пищевым продуктам определенную направленность воздействия на конкретное заболевание (Бобренева, 2003б).

Разрабатываются БАД, уменьшающие аккумуляцию ТМ в организме: *Lisorige* – получен из лакричника, активизирует выделение слизи в кишечнике, тормозит всасывание токсических соединений; *Multi Green* – содержит хлореллу, спирулину, ячмень и люцерну.

Обе БАД проявляли схожий защитный эффект при интоксикации крыс хромом или свинцом, отмечалась нормализация уровня мальтазы, повышалась активность панкреатических ферментов до физиологической нормы. Функциональное состояние кишечного эпителия, энтероцитов и ацетарных клеток поджелудочной железы не отличалось от такового у контрольных животных (Здольник, 2001).

Разработана серия фитопродуктов «Нутрикон», уменьшающих содержание ТМ в организме, в них входит корень солодки, спирулина и другие компоненты (Солдатова и др., 1999).

В условиях загрязнения окружающей среды и пищевых продуктов экологически вредными веществами актуальным является изучение сорбционных свойств различных видов растительного сырья с целью их применения в качестве энтеросорбентов. Так, была изучена сорбция крупяными изделиями (пшено, рис, гречневая ядрица и др.) меди (II), хрома (VI), железа (II) из водных растворов солей. Было установлено, что сорбция металлов крупяными изделиями идет преимущественно на целлюлозной матрице (Лаврушина и др., 2000а). Крупяные изделия являются продуктами растительного происхождения с высокой пищевой ценностью и входят в состав рационов питания лечебно-профилактического назначения. Результаты исследований показано, что крупяные изделия способны сорбировать металлы «*in vitro*»: в желудке ($\text{pH} < 7$), кишечнике ($\text{pH} > 7$) (Лаврушина и др., 2000б).

Современные технологии производства мясных продуктов предусматривают использование различных пищевых добавок, улучшающих органолептические, структур-

но-механические, физико-химические показатели готовых продуктов. Наряду с фосфатами и эмульгаторами активно применяют гидроколлоиды – пищевые добавки, улучшающие консистенцию изделий (Булдаков, 1996).

К гидроколлоидам растительного происхождения относятся продукты переработки растений и морских водорослей: камеди, пектины, альгинаты, каррагинаны (Нечаев и др., 2001).

Камеди можно применять для производства вареных колбас, паштетных изделий. Они не перевариваются в ЖКТ – их относят к безвредным балластным веществам (Кудряшова, 2001). Их принадлежность к пищевым волокнам ставит их в ряд биополимеров – физиологически важных компонентов пищевого рациона и открывает еще один аспект их использования, помимо технологического. Камеди удовлетворяют двум из основных принципов лечебно-профилактического питания: задержка поступления вредных веществ из пищевого тракта внутрь организма и ускорение выведения из организма (Бакулина, 2000).

В современных технологиях производства мясных продуктов широко используются пищевые стабилизирующие системы на основе каррагинанов. Каррагинаны популярны благодаря своей способности увеличивать выход конечной продукции. При этом улучшается консистенция готового изделия, снижается жирность, сокращаются потери массы, уменьшается себестоимость готового продукта. Каррагинаны – сульфатированные полисахариды красных морских водорослей (Нечаев и др., 2001).

Медико-биологические испытания показали, что каррагинаны способствуют выведению из организма ТМ, радиоактивных изотопов, избытка холестерина. Они не расщепляются ферментами ЖКТ человека. Вместе с тем каррагинаны, входящие в состав пищевых продуктов, выполняют важные физиологические функции пищевых во-

локон: нормализуют работу ЖКТ, положительно влияют на среду обитания бактерий в кишечнике (Гурова, 2001; Сатун и др., 2000).

Морские бурые водоросли, благодаря содержанию ряда биологически активных веществ, обладают фармакологическими свойствами, что позволяет использовать их в производстве продуктов питания лечебно-профилактического назначения. Разработаны технологии получения чистых полисахаридов (альгиновой кислоты и ее солей). Клинические и биологические испытания показали, что альгинаты способны сорбировать ТМ и их радиоизотопы без нарушения кальциевого обмена в организме человека. Такими же качествами обладают альгинатсодержащие продукты (Аминина, Вишневецкая, 2001; Соколова, Талабаева, 2001).

Введение структурированного наполнителя из альгината натрия в мясной фарш значительно улучшает функционально-технологические, структурно-механические характеристики и увеличивает выход готовой продукции наряду с приданием мясным изделиям лечебно-профилактических свойств (Лисицын, Литвинова, 2002).

Комитетом экспертов ФАО/ВОЗ установлена ежедневная минимально эффективная доза альгиновой кислоты и ее солей в количестве 50 мг на 1 кг живой массы тела человека. Суммарное количество альгинатов в ежедневном рационе человека не имеет медицинских ограничений (Уэйн и др., 1987).

Пектин морских трав находит широкое применение в качестве лечебно-профилактического питания при угрозе свинцовой интоксикации, а также в качестве сорбента ионов тяжелых металлов и радионуклидов (Кушева, Кадникова, 2001).

Основные физико-химические и потребительские свойства пектинов, к которым относится способность к гелеобразованию в водной среде и комплексообразованию с ионами поливалентных металлов, определяется строением

молекул пектинов и зависит, прежде всего, от типа исходного сырья. Обычно в пищевых продуктах содержится от 0,03 до 2 % пектина (0,2-20 мг/кг), суточная норма пектина в рационе здорового человека 5-6 г (Колеснов и др., 1996).

Целесообразно рекомендовать введение специальных сортов пектина в различные пищевые продукты в качестве дополнительного компонента для применения при стандартном лечении заболеваний, сопровождающихся эндотоксикацией (Левченко и др., 1994; Голубев, Ильина, 2002).

Наличие в пектинах химически активных карбоксильных и спиртовых гидроксильных групп способствует образованию прочных комплексов с токсичными металлами и выведению их из организма, что позволяет их использовать для лечебно-профилактического питания в зонах повышенного загрязнения окружающей среды (Компанцев и др., 1990; Браудо, Данилова, 2001а, б; Тамова и др., 2002).

Пектиновые вещества обладают выраженным детоксицирующим эффектом. С этой точки зрения исследованы отечественные промышленные пектины: свекловичный, цитрусовый, яблочный. Предложен метод, который позволяет установить состав пектинов для расчета норм потребления пектинов в целях детоксикации тяжелых металлов (10-3 моль/л) (Кайшева, Компанцев, 1992).

В зависимости от степени этерификации и, следовательно, различных сорбционных свойств, профилактическая доза колеблется от 2 до 10 г/сут. Учитывая, что для профилактических целей в продукты питания вводят чистый пектин, возможна его замена овощными порошками (Калакура, Петренко, 2001).

Пектин впервые выделили из фруктового сока: это соединение содержится в большом количестве в ягодах, фруктах, клубнях и стеблях растений. Он локализован в первичной клеточной стенке всех высших растений (Шелухина, 1988).

Однако пищевая промышленность и медико-экологи-

ческие службы испытывают в настоящее время затруднения из-за того, что в России отсутствует производство отечественных желирующих и лечебно-профилактических пектинов (Алейников и др., 2000; Донченко, 2000).

Известно, что одним из наиболее эффективных гелеобразователей является пектин различного происхождения (или пектинсодержащее сырье – яблочные выжимки, жом свеклы и т.д.) (Козлов и др., 2005; Колмакова, 2003а).

Плоды и ягоды – источник биологически активных веществ, особенно витаминов, макро- и микроэлементов, которые содержатся в них в легкоусвояемой форме и в оптимальных для организма человека соотношениях (Рязанова, Кириличева, 2005; Арет и др., 2002; Гудковский, 2001).

Плоды яблонь играют видную роль в питании, с давних времен они используются в свежем и переработанном виде (Типсина, 1998). Яблоки – важное средство предохранения от ряда заболеваний, прежде всего от авитаминозов, и тут особую роль играет наличие в них значительного количества витаминов С и Р. Яблоки всех сортов содержат довольно много пектиновых веществ – 0,8-1,3% общей сырой массы.

Совместными усилиями российских и немецких ученых была создана лечебно-профилактическая добавка к пище «Медетопект». Созданная на основе яблочных пектинов, она содержит все необходимые пектиновые вещества, обладающие хорошей связывающей способностью по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам. Разработан и испытан «Пектиновый напиток» на основе яблочного пектинового концентрата. Суточное потребление «Пектинового напитка» для снятия воздействия на организм фоновой радиации, по расчетам ученых, составляет 350 мл (Шайкин, 2001).

Облепиха относится к нетрадиционным культурам, но по объему производства плодов, темпам изучения ее биологических особенностей и лекарственно-пищевых качеств, роста селекционных достижений она претендует на звание ведущей культуры Сибири. Облепиха – одно из немногих

растений, называемых поливитаминными (Царева, 2006; Трофимов, Кийко, 1997). Сто граммов ягод облепихи содержат полторы – две суточные нормы витаминов С и Р и половину нормы витамина Е (Далгатов, 1981; Матафонов, 1983). Это растение сырьевое. Продукты его переработки в фармацевтической и пищевой промышленности должны послужить важнейшим фактором повышения здоровья населения, особенно в суровых сибирских условиях (Вигоров, 1976; Арбаков, 1998; Белых, 2001; Токарева, 2001).

Плоды облепихи, отличающиеся морфологическим и химическим полиморфизмом, обращают на себя особое внимание. Они содержат весь комплекс водо- и жирорастворимых витаминов и витаминоподобных соединений, каротиноидов, токоферолов, полиненасыщенных жирных кислот, органических кислот, пектинов, минеральных веществ (Золотарева, Чиркина, 2004; Кузьмина, 2005).

Пектин представляет собой полигалактуроновую кислоту, в которой часть карбоксильных групп этерифицирована с остатками метилового спирта (рис. 4). Протопектины – это нерастворимые комплексы пектина с целлюлозой, гемицеллюлозами, ионами металлов. При созревании плодов и овощей, а также их тепловой обработке (отваривание и др.) эти комплексы разрушаются с освобождением из протопектина свободного пектина, с чем в значительной мере связано происходящее при этом размягчение плодов и овощей (Донченко, Надыкта, 1999; Шелухина, 1988).



Рис. 4. Участок цепочки пектина

Терапевтический эффект пектина обусловлен его химической структурой. Полимерная цепь полигалактуроновой кислоты, наличие свободных химически активных карбоксильных групп и спиртовых гидроксидов способствуют образованию прочных нерастворимых комплексов с поливалентными металлами, которые потом выводятся из организма человека (Донченко, Надыкта, 2005; Колмакова, 2004; Арсеньева, Баранова, 2007; Браудо, Данилова, 2001а, б; Тамова и др., 2002б).

Мука облепиховая является более сильным комплексообразователем, чем пектин, видимо, во-первых, в связи с тем, что в ней содержится комплекс пищевых волокон, а во-вторых, из-за наличия в ней флавоноидов, также способных образовывать комплексы с ионами тяжелых металлов (Золотарева, 1999, 2004).

Предложен новый источник биологически активных веществ на пищевые цели – древесная зелень облепихи. Изучена пищевая ценность листьев облепихи. Установлено, что в 100 г листьев содержится в среднем аскорбиновой кислоты 97 мг, каротиноидов – 8, β -каротина – 4 мг, моно- и дисахаров – 9 г, дубильных веществ – 13, кальция – 2,4 мг, магния – 0,5, марганца – 20, железа – 56, кобальта – 0,19 мг (Золотарева, 2004). Установлено, что по составу и молекулярной массе пектин облепихи близок к пектину лимона (Кошелев, Агеева, 2004).

В эксперименте определена сорбционная способность облепихового пектина и облепиховой муки по отношению к тяжелым металлам при значениях pH, соответствующих среде желудочно-кишечного тракта. Сорбционная способность в щелочной среде выше, чем в кислой, и она возрастает в ряду кадмий – ртуть – свинец. Сорбционная способность облепихового пектина в кислой среде составляет 21-31% от внесенного количества тяжелых металлов (Братан и др., 2004).

Наиболее предпочтительным сырьем из исследованного для создания продуктов лечебно-профилактического питания с пектином являются перец, кабачки, морковь, помидоры, малина, календула, зверобой. Совмещение этих продуктов с пектинами независимо от степени его этерификации увеличивает способность продукта связывать токсичные катионы.

Что касается тыквы, облепихи, абрикоса, черной смородины, присутствующих в ассортименте сырья для лечебно-профилактического питания с добавлением пектина, то их нецелесообразно совмещать с пектином. Ввиду высокого содержания микроэлементов, калия, витаминов эти фрукты и овощи должны входить в рацион лиц, контактирующих с различными металлами и радионуклидами, самостоятельно (Братан и др., 2001).

Также было исследовано влияние фруктовых и овощных соков, водных вытяжек лекарственных растений на процесс связывания пектинами катионов кадмия.

На основе анализа полученных результатов установлено, что при создании лечебно-профилактических продуктов, предназначенных для связывания и удаления из организма катионов кадмия, не следует использовать томаты, кабачки, сливу, персик, черноплодную рябину, дубовую кору, траву зверобоя, цветки календулы, плоды шиповника. Высокоэффективным будет лечебно-профилактический продукт на основе перца, тыквы, моркови, облепихи, малины (Братан и др., 2004).

Проблема загрязнения окружающей среды, а в конечном счете и пищевых продуктов токсичными элементами коснулась многих регионов не только нашей страны, но и зарубежья. В развитых странах мира идет постоянная работа по созданию новых продуктов функционального питания. В Японии производство продуктов функционального питания принято на законодательном уровне.

Загрязнение окружающей среды токсичными элементами наблюдается и в г. Новосибирске. Особую опасность представляют загрязнения почв такими токсикантами, как ртуть, кадмий и свинец. Что касается нестационарных источников поступления свинца в атмосферу, то необходимо отметить ежегодное увеличение числа автотранспорта. Концентрации свинца в воздухе города превышают ПДК в несколько раз.

Несмотря на высокие токсические, кумулятивные свойства тяжелых металлов, а также эмбриотоксичное, мутагенное действие некоторых из них, при участии разнообразных бактерий ртуть, мышьяк, кадмий, свинец способны метилироваться с образованием более токсических соединений, в связи с чем эта проблема требует более детального изучения.

Проблема загрязнения пищевых продуктов тяжелыми металлами бесспорна и требует детального изучения и поиска возможностей ее решения. Одним из путей решения этой фундаментальной проблемы является разработка продуктов лечебно-профилактического назначения.

Особую роль в разработке продуктов лечебно-профилактического назначения играют растительные полисахариды, содержащиеся в плодах и ягодах.

Плоды облепихи содержат весь комплекс водо- и жирорастворимых витаминов и витаминоподобных соединений, каротиноидов, токоферолов, полиненасыщенных жирных кислот, органических кислот, пектинов, минеральных веществ. Яблоки всех сортов содержат довольно много пектиновых веществ – 0,8-1,3% общей сырой массы.

Единого мнения о механизме действия пектинов и характере образующихся с металлами соединений до настоящего времени нет. Это связано с тем, что в зависимости от сырьевого источника и метода выделения пищевые волокна имеют разное химическое строение. По данным одних авто-

ров, ионы металлов связываются остатками уроновых кислот, значительное количество которых присутствует в пектиновых веществах. Другие авторы считают, что связывание катионов полигалактуроновыми кислотами происходит не только за счет карбоксильных, но и за счет гидроксильных групп. Количество карбоксильных и гидроксильных групп зависит от сырьевого источника и метода выделения пищевых волокон.

Если рассматривать ягоды облепихи и плоды ранетки в целом, то тем более мы не сможем показать единый механизм детоксикации, поскольку кроме пектинов в них присутствуют флавоноиды, которые также обладают способностью связывать тяжелые металлы. Причем новосибирские сорта облепихи уступают алтайским по таким показателям, как содержание пектинов, масличность, содержание сахаров.

О.С. Желтышевой и сотрудниками ГНУ СибНИПТИП проведены исследования по изучению влияния плодово-ягодных гомогенатов на детоксикацию свинца и кадмия в опытах на крысах (Желтышева, Бокова, 2006; Желтышева, 2009).

Для проведения физиологического опыта были использованы плодово-ягодные гомогенаты наиболее эффективных концентраций по результатам исследований *in vitro* (6%). Взвешивание животных производилось перед началом опыта и через каждые 7 дней (табл. 23).

Таблица 23

Динамика живой массы крыс ($M \pm m$), г

Группа	При постановке на опыт	2-я неделя	3-я неделя	4-я неделя
Контрольная	162,75±1,11	206,00±1,29	246,75±1,70	261,50±2,87
1-я	162,00±2,86	198,00±1,08**	238,75±1,89**	247,50±1,19**
2-я	159,50±1,85	201,25±1,38*	241,25±1,49*	256,50±2,18
3-я	160,75±2,69	201,00±1,68*	239,00±1,47**	254,50±2,10*

Здесь и в табл. 24-28: * $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$.

Схема опыта: контрольная группа – основной рацион (ОР); 1-я группа – ОР с 1,0 мг Pb на 1 кг и 0,2 мг Cd на 1 кг корма (ТМ); 2-я опытная группа – ОР+ТМ+ 6% облепихового гомогената; 3-я опытная группа – ОР+ТМ+ 6% яблочного гомогената.

Через неделю от начала эксперимента у крыс 1-й опытной группы, получавшей с основным рационом токсичные элементы без добавок, наблюдалось снижение массы на 4,04% ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными контрольной группы. Во 2-й и 3-й опытных группах, в рацион которых помимо токсичных элементов были добавлены плодово-ягодные гомогенаты, происходило увеличение массы животных по сравнению с крысами 1-й опытной группы на 1,64 и 1,50% соответственно, таким образом, плодово-ягодные гомогенаты приблизили массу животных к массе крыс контрольной группы.

Взвешивание на третьей неделе эксперимента показало, что в 1-й опытной группе также наблюдалось уменьшение массы животных на 3,35% ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами контрольной группы. Масса животных 3-й опытной группы, в рацион которой был добавлен яблочный гомогенат, достоверных отличий от крыс 1-й опытной не имеет, т. е. в ней также происходило снижение массы лабораторных животных. Что касается животных 2-й опытной группы, в рацион которой был добавлен облепиховый гомогенат, наблюдалось увеличение живой массы на 1,05% по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

На четвертой неделе исследований происходило снижение массы животных в 1-й опытной группе по сравнению с крысами контрольной группы на 5,66% ($P \geq 0,99$). Животные 2-й опытной группы, получавшей облепиховый гомогенат, достоверных отличий от крыс контрольной группы не имели. Животные 3-й опытной группы, получавшей яблочный гомогенат, показали увеличение массы на 2,83% ($P \geq 0,95$) относительно крыс группы, не получавшей добавки.

О росте организма можно судить по такому показателю, как среднесуточный прирост живой массы (табл. 24).

Во втором взвешивании наиболее высоким оказался среднесуточный прирост живой массы у крыс контрольной группы, у животных 1, 2 и 3-й опытных групп среднесуточный прирост был ниже на 16,8; 3,6 и 7,0% соответственно (относительно животных контрольной группы).

Третье взвешивание показало, что среднесуточный прирост живой массы в контрольной группе уменьшился на 5,8% по сравнению с предыдущим взвешиванием, а в группе, получавшей токсичные элементы, увеличился на 13,2%.

Во 2-й и 3-й опытных группах, получавших плодово-ягодные гомогенаты, среднесуточный прирост снизился по сравнению со вторым взвешиванием на 4,2 и 5,6% соответственно. У животных контрольной и 1-й опытной групп величина среднесуточного прироста оказалась одинаковой и составила 5,82 г. В группах, в рацион которых входили облепиховый и яблочный гомогенаты, прирост оказался ниже на 1,9 и 6,7% соответственно.

Таблица 24

Динамика среднесуточных приростов, г

Группа	Среднесуточный прирост живой массы, г			
	2-е взвешивание	3-е взвешивание	4-е взвешивание	средний
Контрольная	6,18	5,82	2,11	4,70
1-я	5,14	5,82	1,25	4,07**
2-я	5,96	5,71	2,18	4,62
3-я	5,75	5,43	2,21	4,46*

При последнем взвешивании величина среднесуточных приростов крыс контрольной и 1-й опытной групп значительно снизилась по сравнению с предыдущим взвешиванием – в 2,8 и 4,6 раза соответственно.

У крыс 2-й и 3-й опытных групп также отмечалось уменьшение приростов – в 2,6 и 2,5 раза соответственно (по

сравнению с третьим взвешиванием). В четвертом взвешивании прирост животных 2-й группы был меньше на 68,8% по отношению к контролю. У крыс, в рацион которых входил облепиховый гомогенат, среднесуточный прирост увеличился на 74,4% относительно животных 1-й опытной группы. Животные, питавшиеся яблочным гомогенатом, также показали увеличение прироста на 76,8% по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

Анализ средних по среднесуточному приросту живой массы показал, что токсичные элементы влияют на величину среднесуточного прироста живой массы крыс, уменьшая ее на 15,5% ($P \geq 0,99$). В сравнении с крысами 1-й опытной группы облепиховый гомогенат нормализует массу животных на 13,5 ($P \geq 0,99$), а яблочный – на 9,6 % ($P \geq 0,95$).

По окончании физиологического опыта была определена масса внутренних органов лабораторных животных (табл. 25).

Таблица 25

Масса внутренних органов лабораторных животных, г

Группа	Сердце	Печень	Почки	Селезенка
Контрольная	0,802 \pm 0,036	8,544 \pm 0,313	1,374 \pm 0,070	0,542 \pm 0,024
1-я	0,900 \pm 0,041	9,271 \pm 0,175*	1,561 \pm 0,108	0,654 \pm 0,057
2-я	0,845 \pm 0,047	9,015 \pm 0,073	1,508 \pm 0,066	0,559 \pm 0,079
3-я	0,850 \pm 0,074	9,228 \pm 0,177*	1,433 \pm 0,024	0,577 \pm 0,064

Полученные данные показывают, что масса сердца лабораторных животных 1, 2 и 3-й опытных групп увеличилась по сравнению с животными контрольной группы. Наибольшее увеличение органа отмечалось в 1-й опытной группе – в 1,12 раза по отношению к контролю. При поступлении в организм тяжелых металлов происходит усиление кровотока, результатом чего является увеличение органа (Западнюк, 1983). Достоверных отличий между опытными группами не наблюдалось, однако можно отметить, что мас-

са сердца во 2-й и 3-й опытных группах, получавших детоксиканты, была меньше на 6,1 и 5,6% соответственно (относительно 1-й опытной группы).

Печень снабжает различные ткани источниками метаболической энергии (глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты); удаляет из крови продукты метаболизма других тканей посредством мочи и каловых масс; детоксицирует биологически активные вещества, такие как гормоны, лекарственные вещества, токсические амины, другие яды (Зайцев, Конопатов, 2004). Под воздействием повышенных концентраций свинца и кадмия произошло увеличение массы печени крыс на 7,8% ($P \geq 0,95$) относительно контрольной группы. Однако во 2-й и 3-й опытных группах, в которых крысы получали детоксикант, масса органа снизилась на 2,8 и 0,5% соответственно.

Почки являются важнейшим органом в поддержании гомеостаза – постоянства внутренней среды организма. Они регулируют водно-электролитный обмен, кислотно-основное равновесие, выведение из организма конечных продуктов метаболизма, осмотическое давление. Свинец и кадмий при поступлении в организм откладываются в органах выделения (Хмельницкий, 1990; Зайцев, Конопатов, 2004). Масса почек в группе, подвергавшейся свинцовой и кадмиевой интоксикации, увеличилась на 12% по сравнению с контролем. В группах, получавших облепиховый и яблочный гомогенаты, масса органа уменьшилась на 3,4-8,2% относительно 1-й опытной группы.

Селезенка выполняет иммунологическую, фильтрационную и кроветворную функции, принимает участие в обмене веществ, в частности железа и белка (Большая ..., 1984). У крыс 1-й опытной группы наблюдалось увеличение массы селезенки на 17,1% относительно контрольной группы. Во 2-й и 3-й опытных группах наблюдалось снижение массы селезенки на 14,5 и 11,8% соответственно (по сравнению с 1-й опытной группой).

Полученные результаты показали, что достоверных изменений по массе внутренних органов почти не произошло (достоверно изменялась только масса печени крыс). В 1-й опытной группе отмечалась тенденция к увеличению массы внутренних органов под воздействием повышенных концентраций свинца и кадмия. Однако в опытных группах, где скармливали плодово-ягодные гомогенаты, отмечалась тенденция к снижению массы органов крыс по сравнению с группой, получавшей тяжелые металлы без детоксиканта.

По окончании физиологического опыта на лабораторных животных был произведен забор крови для определения следующих биохимических показателей сыворотки крови по методикам ЗАО «Вектор-Бест»: содержание глюкозы, кальция, фосфора, гемоглобина, общего белка и активности щелочной фосфатазы. Полученные результаты приведены в табл. 26.

Таблица 26

**Изменение биохимических показателей крови крыс
при скармливании плодово-ягодных гомогенатов**

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Глюкоза, моль/л	13,65±0,58	7,81±0,29**	11,89±0,24**	11,04±0,56**
Кальций, моль/л	2,67±0,07	1,99±0,07**	2,50±0,04	2,43±0,05*
Фосфор, моль/л	2,86±0,09	2,08±0,09**	2,66±0,09	2,61±0,09*
Общий белок, г/л	75,20± 0,91	66,69±0,91**	72,37±0,91	70,95±1,22*
Гемогло- бин, г/л	70,73±5,89	27,60±2,82**	60,38±5,89	53,48±5,18*
Активность щелочной фосфатазы, Е/л	41,12±1,70	20,32±1,15**	38,58±1,46	33,12±3,57*

При скормливании животным повышенных доз свинца и кадмия наблюдалось снижение концентрации глюкозы в сыворотке крови на 74,78% ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами контрольной группы. Гипогликемический синдром может развиваться при различных видах интоксикаций, а также при печеночной и почечной недостаточности (Лифшиц, Сидельникова, 2002). А у крыс, получавших гомогенаты (2-я и 3-я опытные группы) наблюдалось увеличение содержания глюкозы на 52,24 ($P \geq 0,99$) и 41,36 % ($P \geq 0,99$) соответственно по отношению к животным 1-й опытной группы.

В количественном отношении кальций является главенствующим минералом организма животного. Кальций является основным элементом костной ткани (98%), он необходим для процессов свертывания крови, сокращения сердечной мышцы, для передачи нервных импульсов, для секреции гормонов и активации ферментов (Зайцев, Конопатов, 2004). Содержание кальция в сыворотке крови лабораторных животных 1-й опытной группы уменьшилось на 34,17% ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами контрольной группы, что объясняется процессом вытеснения кальция свинцом. За счет действия детоксикантов в сыворотке крови животных 2-й и 3-й опытных групп отмечалось повышение концентрации кальция на 25,63 ($P \geq 0,99$) и 22,11% ($P \geq 0,99$) соответственно. Причиной снижения кальция в крови является то, что неорганические соединения свинца способны замещать соединения кальция в костях, превращаясь тем самым в постоянный источник отравления организма (Биологическое ..., 1999).

Неорганический фосфор – биоэлемент, необходимый для деятельности центральной нервной системы. Участвует во многих процессах обмена веществ (Лифшиц, Сидельникова, 2002). У крыс 1-й опытной группы содержание фосфора уменьшилось относительно животных контрольной группы на 37,50% ($P \geq 0,99$). Во 2-й и 3-й опытных группах было замечено увеличение концентрации фосфора в сыво-

ротке крови крыс на 27,88 ($P \geq 0,99$) и 25,48% ($P \geq 0,99$) соответственно (по сравнению с животными 1-й опытной группы). Кадмий в организме человека снижает содержание в крови железа, кальция, фосфора, из-за чего тормозится рост костей (Биологическое ..., 1999).

Белок крови выполняет транспортную функцию, поддерживает осмотическое давление и pH крови. У животных 1-й опытной группы при интоксикации токсичными элементами наблюдалось снижение концентрации общего белка на 12,76% ($P \geq 0,99$). При скормливания животным облепихового гомогената концентрация белка восстановилась до значения сывороточного белка крыс контрольной группы, а при добавлении в рацион яблочного гомогената общий белок увеличился на 6,39% ($P \geq 0,95$) относительно животных 1-й опытной группы. Снижение общего белка крови объяснимо тем, что ионы свинца и кадмия образуют прочные комплексы с аминокислотами и другими биомолекулами, содержащими концевые тиогруппы (HS-) (Большая ..., 1981; Ершов, Плетнева, 1989).

Гемоглобин является основным переносчиком кислорода к тканям, так как кислород недостаточно растворим в плазме крови, чтобы обеспечить потребность в нем тканей организма (Зайцев, Конопатова, 2004; Гольдберг, 1989; Гольдберг и др., 1973). У животных 1-й опытной группы наблюдалась анемия – понижение содержания гемоглобина в крови в 2,6 раза ($P \geq 0,99$), поскольку кадмий угнетает обмен железа в организме. Свинец также вызывает нарушения ферментативных реакций, участвующих в синтезе гемоглобина (Бокова, 2004; Кузубова и др., 2000). У крыс 2-й и 3-й опытных групп отмечалось повышение содержания гемоглобина в 2,2 ($P \geq 0,99$) и 1,9 раза ($P \geq 0,99$) соответственно по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Физиологическая роль щелочной фосфатазы сводится к участию в кальцификации тканей, минерализации костной ткани (Клиническая ..., 2004). Активность щелочной фос-

фатазы в сыворотке крови животных под действием токсичных элементов уменьшилась в 2 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами контрольной группы. У крыс 2-й и 3-й опытных групп щелочная фосфатаза крови увеличилась в 2,2 ($P \geq 0,99$) и 1,9 раза ($P \geq 0,99$) соответственно относительно животных 1-й опытной группы, получавших только повышенные концентрации токсичных элементов. Снижение активности щелочной фосфатазы в крови отмечено при выраженной анемии (Лифшиц, Сидельникова, 2002).

Анализ полученных данных показал, что в ходе опыта произошли изменения биохимических показателей крови лабораторных животных. Вследствие интоксикации организма крыс токсичными элементами (свинцом и кадмием) происходит ухудшение биохимических показателей крыс. Плодово-ягодные гомогенаты в той или иной степени проявили свои детоксикационные свойства, нормализуя массу животных и показатели крови.

Проведено определение остаточных концентраций свинца и кадмия во внутренних органах и тканях лабораторных животных. Исследовались сердце, печень, почки, селезенка, мышечная и костная ткань. Полученные данные по содержанию остаточных концентраций ионов свинца представлены в табл. 27.

Таблица 27

Содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных ($M \pm m$), 10^{-2} мг/кг

Органы и ткани крыс	Группа			
	контрольная	1-я	2-я о	3-я
Сердце	4,18 \pm 0,20	9,19 \pm 0,30**	4,91 \pm 0,20*	4,98 \pm 0,20*
Печень	1,53 \pm 0,08	4,14 \pm 0,02**	1,82 \pm 0,10*	2,01 \pm 0,11**
Селезенка	6,16 \pm 0,06	11,23 \pm 0,09**	6,41 \pm 0,06*	6,19 \pm 0,05
Почки	2,67 \pm 0,07	6,20 \pm 0,17**	2,82 \pm 0,04	2,93 \pm 0,04
Мышечная ткань	2,18 \pm 0,04	4,71 \pm 0,09**	2,33 \pm 0,04	2,27 \pm 0,02
Костная ткань	0,90 \pm 0,01	3,23 \pm 0,07**	1,08 \pm 0,04*	1,10 \pm 0,07*

При свинцовом токсикозе поражаются в первую очередь органы кроветворения (анемия), нервная система (энцефалопатия и нейропатия) и почки (нефропатия).

Остаточное содержание ионов свинца в сердце лабораторных животных в 1-й опытной группе увеличилось в 2,2 раза по сравнению с контрольной ($P \geq 0,99$). В сердце крыс, получавших плодово-ягодные (облепиховый и яблочный) гомогенаты, наблюдалось уменьшение концентрации ионов свинца в 1,9 и 1,85 раза ($P \geq 0,99$) соответственно по сравнению с 1-й опытной группой.

При свинцовой и кадмиевой интоксикации произошло увеличение концентрации ионов свинца в печени крыс в 2,7 раза ($P \geq 0,99$) по отношению к интактной группе. У животных 2-й и 3-й опытных групп отмечалось уменьшение остаточных ионов свинца относительно крыс 1-й опытной группы в 2,3 ($P \geq 0,99$) и 2 раза ($P \geq 0,99$) соответственно.

В селезенке крыс 1-й опытной группы при интоксикации токсичными элементами наблюдалось повышение содержания свинца в 1,8 раза ($P \geq 0,99$) относительно животных контрольной группы. Облепиховый гомогенат снижает концентрацию свинца в селезенке крыс в 1,75 раза ($P \geq 0,99$), а яблочный – в 1,8 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Под воздействием повышенных доз свинца и кадмия отмечалось увеличение остаточных ионов свинца в почках крыс в 2,3 раза ($P \geq 0,99$) по отношению к животным контрольной группы. У крыс 2-й опытной группы отмечалось уменьшение содержания свинца в почках в 2,2 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й группы, а у крыс 3-й опытной группы – в 2,1 раза ($P \geq 0,99$).

Токсичные элементы привели к повышению концентрации свинца в мышечной ткани крыс 1-й опытной группы в 2,16 раза ($P \geq 0,99$) относительно животных контрольной группы. Во 2-й и 3-й опытных группах отмечалось сниже-

ние остаточных ионов свинца в мышечной ткани крыс в 2 раза ($P \geq 0,99$) по отношению к животным группы, получавшей токсичные элементы без детоксиканта.

В костной ткани лабораторных животных 1-й опытной группы наблюдалось увеличение содержания свинца в 3,6 раза ($P \geq 0,99$) относительно крыс интактной группы. Облепиховый и яблочный гомогенаты снижают концентрацию свинца в костях крыс в 3 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Полученные результаты показывают наибольшее содержание свинца в органах кроветворения: селезенке (фильтрация крови) и сердце, а затем уже поражаются органы выделения – почки. Схема накопления свинца в органах и тканях лабораторных животных в данном эксперименте следующая: селезенка > сердце > почки > мышечная ткань > печень > костная ткань.

Остаточные концентрации ионов кадмия при свинцово-кадмиевой интоксикации и влиянии растительных гомогенатов представлены в табл. 28.

Таблица 28

Содержание кадмия в органах и тканях лабораторных животных ($M \pm m$), 10^{-2} мг/кг

Органы и ткани крыс	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Сердце	0,92±0,03	3,16±0,10**	1,08±0,04	1,11±0,04*
Печень	0,19±0,02	0,38±0,02**	0,22±0,01	0,23±0,01
Селезенка	0,98±0,05	4,04±0,06**	1,10±0,02*	1,12±0,03*
Почки	0,20±0,01	0,69±0,01**	0,22±0,01	0,23±0,01*
Мышечная ткань	1,09±0,01	3,62±0,20**	1,17±0,04	1,29±0,04
Костная ткань	1,25±0,10	3,36±0,10**	1,35±0,10	1,60±0,10**

При свинцовой и кадмиевой интоксикации произошло увеличение концентрации ионов кадмия в сердце крыс в 3,4

раза ($P \geq 0,99$) по отношению к животным интактной группы. У крыс 2-й и 3-й опытных групп отмечалось уменьшение остаточных ионов кадмия относительно животных 1-й опытной группы в 2,9 ($P \geq 0,99$) и 2,8 раза ($P \geq 0,99$) соответственно.

В печени лабораторных животных 1-й опытной группы наблюдалось увеличение содержания кадмия в 2 раза ($P \geq 0,99$) относительно крыс интактной группы. Облепиховый и яблочный гомогенаты снижают концентрацию кадмия в печени крыс в 1,7 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Токсичные элементы привели к повышению концентрации кадмия в почках животных 1-й опытной группы в 3,45 раза ($P \geq 0,99$) относительно крыс контрольной группы. У животных 2-й и 3-й опытных групп отмечалось снижение остаточных ионов кадмия в почках в 3 раза ($P \geq 0,99$) по отношению к крысам, получавшим токсичные элементы без детоксиканта.

Остаточное содержание ионов кадмия в селезенке лабораторных животных 1-й опытной группы увеличилось в 4 раза по сравнению с крысами контрольной группы ($P \geq 0,99$). В селезенке крыс, получавших плодово-ягодные (облепиховый и яблочный) гомогенаты, наблюдалось уменьшение концентрации ионов кадмия в 3,6 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й опытной группы.

В 1-й опытной группе при интоксикации токсичными элементами в мышечной ткани лабораторных животных наблюдалось повышение содержания кадмия в 3,3 раза ($P \geq 0,99$) относительно крыс контрольной группы. Облепиховый гомогенат снижает концентрацию кадмия в мышечной ткани в 3,1 ($P \geq 0,99$), а яблочный – в 2,8 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Под воздействием повышенных доз свинца и кадмия отмечалось увеличение остаточных ионов кадмия в костной ткани крыс в 2,7 раза ($P \geq 0,99$) по отношению к крысам

контрольной группы. Во 2-й опытной группе установлено уменьшение содержания кадмия в костной ткани животных в 2,5 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами 1-й группы, а у животных 3-й опытной группы – в 2,1 раза ($P \geq 0,99$).

Таким образом, достоверно увеличились остаточные концентрации ионов свинца в органах животных 1-й опытной группы – в 1,8-3,6 раза ($P \geq 0,99$) относительно крыс контрольной группы. Гомогенаты проявили свои детоксикационные свойства и снизили эти показатели в 1,75-3 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными 1-й опытной группы. Также произошло достоверное увеличение концентрации ионов кадмия у крыс 1-й опытной группы – в 2-4,1 раза ($P \geq 0,99$). При скормливаниях детоксикантов (облепихового и яблочного гомогенатов) в органах и тканях крыс наблюдалось снижение содержания кадмия в 1,7-3,6 раза ($P \geq 0,99$) относительно животных 1-й опытной группы.

В разделе описаны способы уменьшения аккумуляции токсичных элементов в живых организмах. Обобщены литературные данные и собственные исследования.

Показаны способы повышения экологичности функциональных продуктов. В ряде экспериментов изучены растительные полисахариды как компоненты продуктов на основе мяса птицы и рыбы.

Пищевые добавки (пектин, альгинат натрия, каррагинан) способствовали снижению аккумуляции ТМ в органах и тканях лабораторных животных. Наиболее «подвижными» из изученных ТМ оказались кадмий и цинк. По сравнению с крысами, которым скормливали МФ с ТМ без добавок, произошло снижение концентрации кадмия в мышечной ткани животных, потреблявших альгинат, на 28,4%, пектин – на 31, каррагинан – на 29% ($P \leq 0,05-0,001$). Содержание свинца снизилось при использовании пищевых добавок на 14 – 21% ($P \leq 0,05-0,01$).

Композиция каррагинана с камедью в дозе 0,5% в качестве детоксиканта снижает содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных на 20,3-57,9%, альгинат натрия уменьшает концентрацию токсиканта на 16,83-62,42% ($P \leq 0,01$). При этом концентрация металла в сердце, печени и селезенке крыс, которым скармливали детоксикант, не отличалась от интактных животных ($P \geq 0,05$).

Введение в рацион в качестве детоксиканта 0,5%-й композиции каррагинана с камедью в соотношении 3:1 уменьшает концентрацию кадмия в организме крыс на 26,94-74,16% ($P \leq 0,05-0,01$), а 0,5% альгината натрия – на 14,61-66,39% ($P \leq 0,01$). Скармливание детоксикантов нормализует содержание металла в сердце, почках, печени, селезенке и костной ткани животных по сравнению с лабораторными животными, не получавшими повышенное количество кадмия ($P \geq 0,05$).

Потребление свинца и кадмия в повышенных концентрациях приводит к отрицательным изменениям биохимических показателей сыворотки крови крыс. Скармливание с кормом растительных полисахаридов нормализует их – повышает содержание гемоглобина на 36,41-40,55% ($P \leq 0,05$), глюкозы – на 36,00-51,02, активность щелочной фосфатазы – на 26,34-31,61 ($P \leq 0,01$), общего белка и кальция – на 5,86-12,23 и 7,14-10,34% соответственно, снижает концентрацию фосфора в 1,95-2,15 раза ($P \leq 0,01$).

При введении в рацион лабораторных животных 6% облепихового гомогената концентрации ионов свинца в органах и тканях крыс снижаются в 1,75-3 ($P \geq 0,99$), кадмия – в 1,7-3,6 раза ($P \geq 0,99$). При скармливании животным 6% яблочного гомогената концентрации ионов свинца уменьшаются в 1,8-3 ($P \geq 0,99$), а кадмия – в 1,7-3,6 раза ($P \geq 0,99$).

При поступлении в организм повышенных концентраций свинца и кадмия наблюдается изменение биохимических показателей сыворотки крови крыс. Скармливание

облепихового и яблочного гомогенатов нормализует эти показатели: повышает содержание глюкозы на 41,36-52,24%, кальция – на 22,11-25,63 ($P \geq 0,99$), фосфора – на 25,48-27,88 ($P \geq 0,99$), белка – на 6,39-8,5 ($P \geq 0,95$), гемоглобина – в 1,9-2,2, щелочной фосфатазы – в 1,9-2,2 раза ($P \geq 0,99$).

4. ВИТАМИНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН

Велико значение адекватного поступления в организм минеральных веществ. Некоторые из них считаются жизненно необходимыми – эссенциальными. Это прежде всего кальций, фосфор, калий, натрий и микроэлементы – железо, медь, цинк. Участие минеральных веществ в метаболизме связано с построением скелета, поддержанием осмотических свойств, кроветворением, многие из них являются активаторами коферментов – магний, железо, цинк, селен, медь (Георгиевский, 1970, 1979; Позняковский, 2005; Протасова, 1998).

При этом синергизм или антагонизм взаимодействия некоторых микроэлементов может проявляться различными нарушениями процессов организма.

Известно, что незначительное количество ионов таких металлов, как кобальт, свинец, кадмий, медь, оказывает каталитическое действие на окислительное разрушение многих витаминов. Чувствительными к воздействию металлов являются ретинол, рибофлавин, пантотеновая кислота, аскорбиновая кислота, холекальциферол, эргокальциферол (Горобец, 1972; Азизов, 1958).

В настоящее время установлено, что и многие минеральные вещества конкурируют друг с другом на этапах всасывания в кишечнике: кальций – с железом, медью, магнием, свинцом; медь – с цинком, кальцием, магнием; железо – с кальцием, свинцом, кадмием, цинком (Кальницкий, 1985).

Кадмий конкурирует практически со всеми макро- и микроэлементами и является их антагонистом. Всасыванию кадмия препятствуют цинк, медь, селен, кальций.

Витамины также могут влиять на всасывание тяжелых металлов.

А.О. Войнар (1960) установил связь между потребле-

нием витамина В₁ и усвоением Мп. Было высказано предположение о параллелизме содержания меди и витаминов группы В в пищевых продуктах растительного и животного происхождения.

Работы таких авторов, как Н.И. Берзинь, Р.Я. Андрушайте, устанавливают зависимость между усвоением цинка и поступлением витамина А. Ими доказано, что при А-авитаминозе в организме цыплят отмечается отрицательный баланс катионов цинка. При введении же единичной дозы витамина А значительно увеличивается усвоение цинка, всасывание цинка в кишечнике повышается на 39% (Берзинь, 1976, 1990; Андрушайте и др., 1982).

Известно, что витамин А влияет на накопление марганца в организме животных. При недостатке витамина А происходит уменьшение содержания марганца в печени, почках, мышцах и увеличение в селезенке и мозге.

При дополнительном же поступлении марганца на фоне А-авитаминоза происходит его накопление во всех органах (Свербивус, 1968).

Авитаминоз С у морских свинок вызывает повышение уровня меди во всех органах, за исключением надпочечников. Отмечается нарушение нормального распределения меди между органами у животных, страдающих С-авитаминозом. У здоровых животных концентрация меди в печени выше, чем в почках; у гиповитаминозных в почках выше, чем в печени (Биренбаум, 1966).

При С-авитаминозе увеличивается концентрация цинка в печени, головном мозге, кости, снижается концентрация марганца в печени, почках и мозге.

Лечение животных аскорбиновой кислотой приводило к нормализации содержания меди в печени и почках (Дьяченко, 1964).

Витамином D называют несколько соединений стероидной природы (эргокальциферол – D₂, холекальциферол – D₃) близких по химической структуре и обладающих

способностью регулировать фосфорно-кальциевый обмен. Было доказано, что для проявления биологической активности витамина D последний проходит два этапа превращения с образованием его активных метаболитов (Дамбахер, 1996).

На современном этапе можно выделить три группы процессов, которые регулируются витамином D:

1. Он участвует в регуляции пролиферации и дифференциации клеток всех органов и тканей, в том числе клеток крови и иммунокомпетентных клеток.

2. Витамин является одним из основных регуляторов обменных процессов в организме: белкового, липидного, минерального. Он регулирует синтез рецепторных белков, ферментов, гормонов, причем не только регулирующих обмен кальция (паратгормон, кальцитонин), но и тиреотропина, глюкокортикоидов, пролактина, гастрина, инсулина и др. (Околелова, 2005; Barton et al., 1980).

3. Витамин D₃ ответственен за поддержание функциональной активности многих органов и систем, в том числе сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, печени, поджелудочной железы и т.д. (Околелова, 2005).

Первый этап превращения витамина осуществляется главным образом в печени. Этим органом поглощается из кровотока до 70% витамина D, который распределяется по клеткам печени – ретикулоцитам и гепатоцитам. Превращение витамина D в его первый активный метаболит (25-окси- D) осуществляется в гепатоцитах. Ретикулоциты по отношению к витамину выполняют роль депо, откуда он постепенно транспортируется в гепатоциты. Такое распределение витамина D по клеткам печени осуществляется только при достаточном обеспечении организма этим витамином и имеет глубокий физиологический смысл (Бондаренко, 1991).

При этом необходимо учитывать, что различные биологически активные формы витамина D принимают уча-

ствие в регуляции одних и тех же процессов, но на разных его звеньях. Например, 1,25-диоксихолекальциферол регулирует транспорт минеральных компонентов в кишечнике и их мобилизацию из скелета, а 24,25-диоксихолекальциферол ответственен за транспорт минеральных компонентов в клетки костной ткани, а также повышает чувствительность клеток к 1,25-диоксихолекальциферолу. Поэтому для регуляции физиологических процессов в организме очень важным фактором является наличие определенного соотношения основных метаболитов витамина D (Андрушайте и др., 1982; Дамбахер, 1996).

Действие кальциферола на клеточном уровне аналогично действию других стероидных гормонов. В исследованиях, проведенных с радиоактивным кальциферолом, было показано, что он накапливается в ядре клеток кишечных ворсинок и крипт, а также остеобластов и клеток дистальных почечных канальцев. Кроме того, он был обнаружен в ядрах клеток, в отношении которых и не предполагалось, что они являются клетками-мишенями кальциферола. Речь идет о клетках мальпигиевого слоя кожи, семенников, плаценты, матки, грудных желез, тимуса, клетках-предшественниках миелоидного ряда. Связывание кальциферола было обнаружено и в клетках парашитовидных желез, что крайне интересно, так как указывает на возможное участие кальциферола в регуляции обмена паратиреоидного гормона (ПТГ).

Основная биологическая роль кальциферола (активной формы витамина D) – стимуляция всасывания кальция и фосфата в кишечнике (Валиниесе и др., 1982; Terry et al., 1999).

Кальциферол – единственный гормон, способствующий транспорту кальция против концентрационного градиента, существующего на мембране клеток кишечника. Поскольку продукция кальциферола очень строго регулируется, очевидно, что существует тонкий механизм, под-

держивающий уровень кальция во внеклеточной жидкости, несмотря на значительные колебания в содержании кальция в пище. Этот механизм поддерживает такие концентрации кальция и фосфата, которые необходимы для образования кристаллов гидроксиапатитов, откладывающихся в коллагеновых фибриллах кости. При недостаточности витамина D (кальциферола) замедляется формирование новых костей и нарушается обновление (ремоделирование) костной ткани. В регуляции этих процессов участвует в первую очередь ПТГ, воздействующий на клетки кости, но при этом необходим и кальциферол в небольших концентрациях. Кальциферол способен также усиливать действие ПТГ на реабсорбцию кальция в почках (Шубина, 1970; Бауман, 1971; Валиниеце и др., 1982; Дамбахер, 1996).

Проведены исследования по определению влияния повышенной дозы витамина D₃ на организм цыплят, на аккумуляцию свинца и кадмия при их раздельном и совместном воздействии (Грачева, Бокова, 2003; Грачева, 2009).

Витамины как биологически активные вещества влияют на усвоение макро- и микроэлементов в организме животных и человека. Однако недостаток или избыток витаминов может привести к серьезным нарушениям минерального обмена. Поскольку тяжелые металлы по сути своей являются микроэлементами, была выдвинута гипотеза, что витамины способны оказывать влияние на увеличение или снижение содержания тяжелых металлов в организме.

Опыт проведен по следующей схеме: контрольная группа – 5000 МЕ витамина D₃ на 1 кг корма; 1-я опытная – 5000 МЕ витамина D₃ на 1 кг корма + 7,5 мг Pb на 1 кг корма; 2-я опытная – 5000 МЕ витамина D₃ на 1 кг корма + 0,6 мг Cd на 1 кг корма; 3-я опытная – 5000 МЕ витамина D₃ на 1 кг корма + 7,5 мг Pb на 1 кг корма + 0,6 мг Cd на 1 кг корма

У цыплят контрольной группы, получавших повышенную дозу витамина D₃, в мышечной ткани обнаружены оба

элемента. Результаты исследований мышечной ткани цыплят-бройлеров на содержание тяжелых металлов приведены в табл. 29.

Таблица 29

Содержание свинца в мышечной ткани, мг/кг

Группа	Мышцы	
	бедренные	грудные
Контрольная	0,202±0,027	0,110±0,028
1-я	0,354±0,048**	1,491±0,309**
2-я	0,487±0,050	0,410±0,084
3-я	0,060±0,034**	0,501±0,098*

У птицы контрольной группы, получавшей повышенную дозу витамина D₃, в бедренных и грудных мышцах был обнаружен свинец. При этом концентрация свинца в бедренных мышцах была в 2 раза выше, чем в грудных.

При введении в рацион 1,5 МДУ свинца концентрация тяжелого металла достоверно увеличилась: в бедренных мышцах птицы – в 1,7, в грудных – в 13,5 раза ($P \leq 0,01$).

У птицы, получавшей 1,5 МДУ кадмия, свинец также был обнаружен в грудных и бедренных мышцах, в количествах, превышающих этот показатель у птицы контрольной группы, соответственно в 2,4 и 3,7 раза.

Совместное введение в рацион свинца и кадмия привело к снижению содержания свинца в бедренных мышцах цыплят в 3,4 раза по сравнению с контрольной группой. В грудных мышцах цыплят 3-й опытной группы содержание свинца оказалось выше, чем у цыплят контрольной группы, в 4,5 раза ($P \leq 0,05$).

По сравнению с птицей 1-й опытной группы концентрация свинца в бедренных мышцах цыплят 3-й опытной группы оказалась ниже в 5,9, в грудных – в 3 раза ($P \leq 0,01$).

Данные по содержанию кадмия в мышечной ткани птицы приведены в табл. 30.

Таблица 30

Содержание кадмия в мышечной ткани, мг/кг

Группа	Мышцы	
	бедренные	грудные
Контрольная	0,024±0,001	0,008±0,011
1-я	0,002±0,001	0,055±0,20
2-я	0,001±0,001	0,178±0,018*
3-я	0,108±0,015*	0,148±0,091

У птицы 1-й опытной группы, получавшей 1,5 МДУ свинца, в грудных мышцах содержание кадмия было в 6,8 раза выше, чем у птицы контрольной группы. В бедренных мышцах содержание этого элемента было в 12 раз ниже, чем у цыплят контрольной группы.

У цыплят, получавших 1,5 МДУ кадмия в рационе, в грудных мышцах содержание кадмия увеличилось в 22,5 раза ($P \leq 0,05$), а в бедренных составило всего 0,001 мг/кг.

При совместном введении тяжелых металлов в рацион птицы содержание кадмия повысилось по сравнению с этим показателем птицы контрольной группы в бедренных мышцах в 4,5, в грудных – в 18,5 раза.

По сравнению с птицей 2-й опытной группы концентрация кадмия в грудных мышцах цыплят 3-й опытной группы снизилась в 1,2 раза, а бедренных, напротив, значительно повысилась и составила 0,108 мг/кг.

Данные о содержании свинца в костной ткани цыплят-бройлеров приведены в табл. 31.

Таблица 31

Содержание свинца в костной ткани цыплят-бройлеров, мг/кг

Группа	Кости	
	трубчатые	грудные
Контрольная	0,004±0,001	0,032±0,075
1-я	0,671±0,042**	0,295 ± 0,044**
2-я	0,023±0,003	0,296±0,045
3-я	0,294±0,017**	0,423±0,103**

В костной ткани цыплят контрольной группы было обнаружено незначительное содержание свинца.

Существенное увеличение концентрации свинца произошло у цыплят 1-й опытной группы, получавших 1,5 МДУ металла с кормом, в трубчатых костях этот показатель составил 0,671 мг/кг, в грудных – 0,295 мг/кг, что превышает показатели контрольной группы птицы в 167 и 9,2 раза соответственно ($P \leq 0,01$).

У цыплят 2-й опытной группы, получавших кадмий с кормом, в грудных костях содержание свинца было на уровне этого показателя птицы 1-й опытной группы, получавшей свинец. В трубчатых костях содержание свинца было незначительным, но все же выше, чем у птицы контрольной группы, в 5,7 раза.

У птицы 3-й опытной группы содержание свинца в костной ткани оказалось достоверно выше, чем у птицы контрольной группы, – в 73 и 13 раз, но ниже, чем у цыплят 1-й опытной группы, в трубчатых костях в 2,28 раза, и выше в грудных – в 1,4 раза ($P \leq 0,01$).

Данные о содержании кадмия в костной ткани цыплят-бройлеров представлены в табл. 32.

Таблица 32

Содержание кадмия в костной ткани цыплят-бройлеров, мг/кг

Группа	Кости	
	трубчатые	грудные
Контрольная	0,013±0,001	0,021±0,0001
1-я	0,016±0,002	0,001±0,0001
2-я	0,016±0,002	0,017±0,0001
3-я	0,024±0,001*	0,058±0,025*

В 3-й опытной группе совместное введение кадмия и свинца в рацион привело к увеличению содержания кадмия по сравнению с контрольной группой в 1,8 и 2,7 раза соответственно в трубчатых и грудных костях ($P \leq 0,05$).

По отношению к данному показателю птицы 2-й опыт-

ной группы концентрация кадмия также увеличилась в 1,5 и 3,4 раза в трубчатых и грудных костях. Низкое содержание кадмия в костной ткани и отсутствие достоверных отличий по содержанию токсиканта могут свидетельствовать о том, что костная ткань не является органом, аккумулирующим кадмий.

Результаты исследований внутренних органов птицы на содержание свинца представлены в табл. 33.

Таблица 33

Содержание свинца во внутренних органах цыплят, мг/кг

Группа	Печень	Почки	Сердце
Контрольная	0,198±0,067	0,115±0,047	0,052±0,01
1-я	0,228±0,024	0,430±0,101**	0,406±0,049**
2-я	0,011±0,003	0,077±0,012	0,075±0,009
3-я	0,436±0,108 **	0,429±0,071 **	0,349±0,045**

У птицы контрольной группы, получавшей повышенную дозу витамина D₃ в рационе, свинец был обнаружен во всех внутренних органах, минимальной концентрация свинца оказалась в сердце – 0,052 мг/кг.

У цыплят 1-й опытной группы произошло значительное увеличение концентрации свинца во всех органах. В почках этот показатель превысил показатель цыплят контрольной группы в 3,7, а в сердце – в 7,8 раза ($P \leq 0,01$). В печени концентрация свинца повысилась незначительно – в 1,1 раза.

У цыплят 2-й опытной группы свинец был также обнаружен во всех внутренних органах. Содержание свинца в печени оказалось значительно ниже, чем у птицы контрольной группы, – в 18 раз ($P \leq 0,01$), в почках только в 1,5, а в сердце, наоборот, выше в 1,4 раза.

У птицы 3-й опытной группы концентрация свинца во всех органах была достоверно выше, чем у птицы контрольной группы. Наибольшим увеличением содержания свинца

было в сердце – в 6,7 раза, затем в почках – в 3,7 и в печени – в 2,2 раза ($P \leq 0,01$). Однако по сравнению с птицей 1-й опытной группы содержание свинца в почках не изменилось, в сердце стало ниже в 1,1 раза и лишь в печени увеличилось в 1,9 раза.

Содержание кадмия в органах цыплят представлено в табл. 34.

Таблица 34

Содержание кадмия во внутренних органах цыплят, мг/кг

Группа	Печень	Почки	Сердце
Контрольная	0,0002±0,0001	0,0001±0,0001	0,0001±0,0001
1-я	0,036±0,003	0,0002±0,0001	0,0003±0,0001
2-я	0,336±0,046**	0,077±0,003**	0,072±0,001**
3-я	0,119±0,017*	0,183±0,023**	0,150±0,022**

Во 2-й опытной группе произошло достоверное увеличение концентрации кадмия во всех внутренних органах птицы. Самым значительным увеличением концентрации кадмия было в печени – до 0,336 мг/кг. В сердце и почках этот показатель был практически одинаковым – 0,072 и 0,077 мг/кг соответственно.

У цыплят 3-й опытной группы содержание кадмия во всех внутренних органах было значительно выше, чем у птицы контрольной группы. Но по сравнению с птицей 2-й опытной группы в печени этот показатель был ниже в 2,8 раза и выше в почках и сердце в 2,3 и 2,1 раза соответственно ($P \leq 0,01$).

Такие микроэлементы, как медь и цинк, относятся к необходимым элементам для жизнедеятельности организма. Они входят в состав важных ферментов, участвующих в обменных реакциях.

Дефицит меди приводит к анемии, плохому состоянию костной и соединительной ткани. Однако приём больших количеств меди приводит к острым отравлениям. Хрониче-

ский избыток меди приводит к остановке роста, гемолизу, низкому содержанию гемоглобина в крови, а также разрушению тканей в печени, почках, мозге. Особенно опасно поступление меди в сочетании с цинком и свинцом.

Результаты исследований внутренних органов на содержание меди представлены в табл. 35.

У птицы контрольной группы, получавшей рацион с повышенным содержанием витамина D₃, максимальное содержание меди было обнаружено в печени – 2,34 мг/кг. Минимальная концентрация меди была в почках – 0,25 мг/кг. Распределение меди по органам и тканям было следующим: >сердце > бедренные мышцы > грудные мышцы > почки.

Таблица 35

Содержание меди в органах и тканях цыплят-бройлеров, мг/кг

Органы и ткани	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Грудные мышцы	0,51±0,080	0,78±0,180	1,96±0,18**	0,88±0,07
Бедренные мышцы	0,78±0,042	0,97±0,100	1,10±0,06	0,009±0,00**
Печень	2,34±0,034	1,57±0,096**	2,88±0,17**	2,58±0,13
Сердце	1,82±0,080	2,27±0,110**	1,86±0,14	2,22±0,08**
Почки	0,25±0,020	0,38±0,016**	0,29±0,03	0,43±0,015**

У птицы 1-й опытной группы содержание меди в грудных и бедренных мышцах достоверно не отличалось от данных показателей птицы контрольной группы.

В печени этот показатель был на 32,9 % меньше, чем у цыплят контрольной группы ($P \leq 0,01$).

В сердце содержание меди было достоверно выше, чем у птицы контрольной группы, – на 19,8% ($P \leq 0,01$).

Произошло увеличение концентрации меди и в почках на 34,2 % ($P \leq 0,01$).

У цыплят 2-й опытной группы содержание меди в

грудных мышцах составило 1,96 мг/кг, что на 74,5 % больше, чем у птицы контрольной группы.

В бедренных мышцах этот показатель достоверно не отличался от контроля.

В печени цыплят 2-й опытной группы содержание меди также увеличилось – на 18,75 % по сравнению с контрольной группой и составило 2,88 мг/кг, что на 45,5 % выше, чем у птицы 1-й опытной группы.

В сердце содержание меди достоверно не отличалось от показателей цыплят контрольной группы, но было достоверно ниже, чем у птицы 1-й опытной группы, – на 18 % ($P \leq 0,01$).

У птицы 3-й опытной группы, получавшей одновременно оба токсиканта, содержание меди максимальным было в печени – 2,58 мг/кг, этот показатель был достоверно выше, чем у цыплят 1-й опытной группы, – на 35 % ($P \leq 0,01$) и ниже, чем во 2-й опытной группе, на 10,4 % ($P \leq 0,01$).

В сердце содержание меди было выше на 18 % по сравнению с контрольной группой и составило 2,22 мг/кг ($P \leq 0,01$).

По сравнению с другими опытными группами концентрация меди в почках оказалась самой высокой у птицы 3-й опытной группы – на 41,8 % выше, чем в контрольной ($P \leq 0,01$).

Достоверные отличия были обнаружены по содержанию меди в бедренных мышцах, где этот показатель оказался самым низким и составил всего 0,009 мг/кг.

Данные о содержании цинка во внутренних органах цыплят-бройлеров подставлены в табл. 36.

У птицы контрольной группы максимальным содержание цинка было в почках – 29,19 мг/кг. Распределение цинка было следующим: почки > сердце > печень > бедренные мышцы > грудные мышцы.

У птицы 1-й опытной группы концентрация цинка в бедренных мышцах и печени была достоверно выше, чем у птицы контрольной группы, – на 65 и 48 % ($P \leq 0,01$).

Таблица 36

Содержание цинка в органах и тканях цыплят-бройлеров, мг/кг

Органы и ткани	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Грудные мышцы	5,77±03,56	6,08±0,74	5,16±0,21	4,8±0,13
Бедренные мышцы	11,33±0,88	32,64±2,59**	46,15±4,96**	1,60±0,18*
Печень	15,22±1,58	29,32±3,76**	14,53±1,13	17,53±2,70
Сердце	18,60±1,52	16,13±1,26	8,84±0,49**	9,75±0,88**
Почки	29,19±4,44	17,61±2,87	10,07±1,05	12,29±0,94

В сердце и почках содержание цинка оказалось ниже, чем в контрольной группе, на 13 и 39,6 %.

У птицы 2-й опытной группы, получавшей кадмий, максимальная концентрация цинка была обнаружена в бедренных мышцах – 46,15 мг/кг. В сердце и почках содержание цинка также было ниже, чем в контрольной группе, на 52 и 65,5 % ($P \leq 0,01$).

У птицы, подвергшейся одновременному воздействию тяжелых металлов, было самым низким содержание цинка в грудных и бедренных мышцах и сердце. В печени достоверных отличий от птицы контрольной группы не установлено, но содержание меди было достоверно ниже, чем у птицы 1-й опытной группы, – на 40 % ($P \leq 0,01$).

Результаты исследований крови птицы, полученные в ходе эксперимента, приведены в табл. 37.

Таблица 37

Гематологические показатели цыплят-бройлеров

Показатели	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Гемоглобин, г/л	101,96±3,33	112,6±16,1	101,3±9,8	126,3±1,16**
Эритроциты, $10^{12}/л$	2,73±0,11	2,35±0,13**	2,48±0,11**	2,55±0,13**
Лейкоциты, $10^9/л$	34,68± 0,79	24,77±1,23**	22,88±1,65**	21,83±0,25**

Установлено, что в крови птицы 3-й опытной группы, подвергавшейся одновременному воздействию тяжелых металлов и витамина, количество гемоглобина было на 23,8 % выше, чем в контрольной группе.

У цыплят, получавших 1,5 МДУ свинца в рационе, количество гемоглобина увеличилось на 10,4 %.

Интоксикация кадмием в данном случае не оказала влияния на содержание гемоглобина в крови цыплят-бройлеров.

Количество эритроцитов в крови цыплят, получавших повышенную дозу витамина D, не отличалось от этого показателя цыплят, получавших основной рацион. В 1-й и 2-й опытной группах наблюдается снижение данного показателя на 13,9 и 9,1%. В 3-й опытной группе значение данного показателя оказалось выше, чем в других опытных группах.

Количество лейкоцитов во всех опытных группах было ниже, чем в контрольной. Наиболее значительное снижение лейкоцитов было отмечено в крови цыплят 3-й опытной группы – на 37 %.

Продуктом обмена белков является азотсодержащее вещество – мочевина. При нарушении работы печени и почек происходит задержка конечных продуктов белкового обмена, что может вызывать отравление организма.

Данные о содержании мочевины в сыворотке крови цыплят-бройлеров представлены в табл. 38.

Таблица 38

**Содержание мочевины в сыворотке крови цыплят-бройлеров,
ммоль/л**

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Мочевина	1,81±0,27	2,71±0,28**	3,09±1,15**	3,23±0,22**

В крови цыплят, подвергавшихся разделному воздействию свинца и кадмия, достоверных отличий по данному показателю не выявлено, так же как и в группе, потреблявшей рацион с повышенным содержанием витамина D₃.

Самым значительным было увеличение содержания мочевины в крови птицы при одновременном воздействии свинца и кадмия – на 54,8% выше, чем в контрольной группе ($P \leq 0,01$).

При совместном воздействии витамина и тяжелых металлов содержание мочевины в крови цыплят 1-й и 2-й опытных групп возросло на 30,2 и 38,8 % ($P \leq 0,01$).

В группе, получавшей тяжелые металлы на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D₃, этот показатель был на 41,5% выше, чем в контрольной, но на 22,9% ниже, чем в группе, подвергавшейся одновременному воздействию тяжелых металлов.

Большое значение для диагностики состояния организма имеет определение щелочной фосфатазы в сыворотке крови.

Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови повышается при костных заболеваниях, связанных с пролиферацией остеобластов, при рахите. Повышение активности щелочной фосфатазы также является показателем скрытого фосфорно-кальциевого голодания.

Данные о содержании щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров представлены в табл. 39.

У птицы контрольной группы этот показатель составил 4,76 ммоль/л. Достоверные отличия были отмечены в крови птицы, получавшей 1,5 МДУ свинца в корме, – показатель был выше на 31,5 %, у цыплят, получавших 1,5 МДУ кадмия в корме, данный показатель был ниже на 6,7%, а у цыплят, подвергавшихся одновременному воздействию тяжелых металлов, произошло снижение активности щелочной фосфатазы на 78% ($P \leq 0,01$).

Таблица 39

Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови птицы, ммоль/л

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Щелочная фосфатаза	5,65±2,2	2,33±0,14**	4,44±0,73**	4,39±0,18**

В ходе экспериментов было установлено, что у цыплят, получавших свинец на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D₃, этот показатель был значительно ниже, чем у птицы, получавшей только витамин, – на 58,7 %.

У цыплят, получавших кадмий на фоне потребления повышенной дозы витамина D₃, данный показатель был также ниже, чем у птицы контрольной группы, на 21,4%.

У птицы, получавшей одновременно свинец и кадмий на фоне повышенной дозы витамина D₃, содержание щелочной фосфатазы было также ниже, чем в контрольной группе, на 22%, но в 4,6 раза выше, чем у птицы, получавшей только тяжелые металлы.

Концентрация кальция и неорганического фосфора в сыворотке крови имеет важное значение для диагностики организма животных и установления различных патологических состояний.

Результаты исследований сыворотки крови цыплят-бройлеров представлены в табл. 40.

В крови цыплят, получавших повышенную дозу витамина D₃, концентрация кальция составила 2,72 мг/л. У цыплят 1-й и 2-й опытных групп достоверных отличий по содержанию кальция в крови не зафиксировано, а в крови цыплят 3-й опытной группы оно было ниже на 9,5% ($P \leq 0,01$).

Таблица 40

Содержание кальция и фосфора в крови цыплят-бройлеров, мг/л

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Кальций	2,72±0,24	2,79±0,003	2,63±0,39	2,46±0,19
Фосфор	2,99±0,14	2,47±0,12**	2,6±0,14	2,15±0,37**

Содержание фосфора в крови птицы контрольной группы оказалась самым высоким – 2,99 мг/л. У птицы 1-й опытной группы оно снизилось на 17,3 % ($P \leq 0,01$).

У птицы 2-й опытной группы концентрация фосфора была ниже, чем в контрольной, на 13%.

Значительное снижение уровня фосфора было отмечено в крови цыплят 3-й опытной группы – на 28% ($P \leq 0,01$).

Цыплята при постановке на опыт не отличались по живой массе, изменение показателей роста на протяжении опыта представлено в табл. 41.

На протяжении всего периода выращивания в 1-й опытной группе масса цыплят была ниже, чем в контрольной. К концу опыта самой низкой оказалась масса цыплят 1-й опытной группы, она составила 1810,4 г, что на 5 % ниже, чем в контрольной ($P \leq 0,01$).

Таблица 41

Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Возраст, сут	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
1	39,79±0,63	39,42±0,45	39,42±0,46	39,92±0,56
7	125,25±3,41	116,75±6,02	123,0±6,6	113,5±5,01
14	305,88±19,05	285,88±11,74	323,38±12,0	275,75±16,19
21	679,5±33,06	601,25±27,28*	657,5±22,12	656,88±10,89
28	1196,3±31,73	997,5±17,9**	1150,6±27,43	1105,0±36,97*
35	1528,8±24,74	1519,5±27,49	1633,8±19,27**	1481,3±13,81**
42	1907,3±44,65	1810,4±30,75**	1974,5±36,48**	1920,2±41,22

Наибольшей живой массой отличались цыплята, получавшие 1,5 МДУ кадмия. К забою их масса достоверно превышала показатели контрольной группы – на 3,5 % ($P \leq 0,01$). В первые две недели выращивания и в возрасте 5 недель масса цыплят 3-й опытной группы была самой низкой, к концу опыта она достигла 1920,2 г.

Наибольшими среднесуточными приростами отличались цыплята 2-й опытной группы, в которой данный показатель был на 3,6 % выше, чем в контроле (табл. 42). Наименьшим этот показатель оказался в 1-й опытной группе – 42,17 г, что на 5,1% ниже контрольного. Цыплята контрольной и 3-й опытной групп имели незначительные отличия по данному показателю.

Таблица 42

Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров

Прирост	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Среднесуточный, г	44,46	42,17	46,07	44,77
Абсолютный, г	1867,51	1770,98	1935,08	1880,28
Относительный, %	191,8	191,5	192,2	191,8

Последовательность расположения показателей абсолютного прироста такая же, как и среднесуточных приростов. На первом месте 2-я опытная группа, где этот показатель был самым высоким и составил 1935,08 г, на втором – 3-я опытная группа – 1880,28 г, немного ниже этот показатель в контрольной группе – 1867,51 г. Самым низким абсолютный прирост живой массы был в 1-й опытной группе, подвергавшейся интоксикации свинцом на фоне повышенного содержания витамина D₃, – 1770,98 г.

Показатель относительного прироста также самый высокий у птицы 2-й опытной группы.

Показатели сохранности цыплят представлены на рис. 5.

Наивысший показатель сохранности поголовья отмечен во 2-й опытной группе – 83,3%. В контрольной группе этот показатель был ниже и составил 79,12%. В 1-й и 3-й опытных группах сохранность была на уровне 75%.

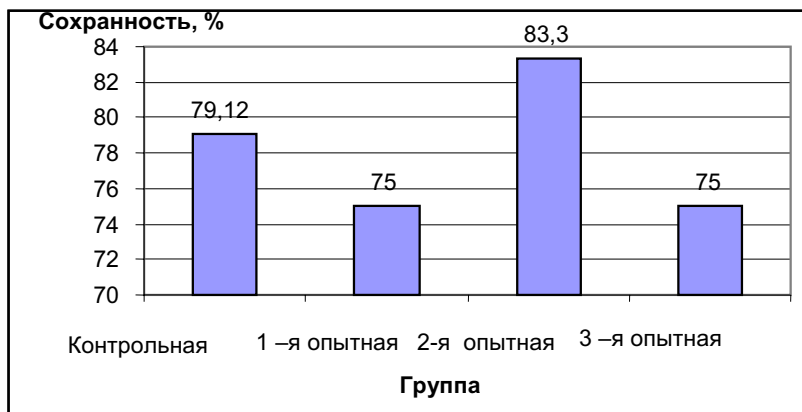


Рис. 5 Сохранность цыплят-бройлеров

Препараты витаминов имеют высокую концентрацию и вводятся в рационы в незначительных количествах. Поэтому тщательная дозировка перед введением в корм – одно из основных условий их эффективного использования.

Установлено изменение концентрации тяжелых металлов в организме птицы при скормливания рациона с повышенным содержанием витамина D_3 . Действие витамина проявлялось увеличением концентрации свинца во внутренних органах и мышечной ткани, в костной ткани содержание свинца практически не изменилось.

Концентрация кадмия в организме птицы под действием витамина не отличалась от данных показателей птицы контрольной группы.

Воздействие тяжелых металлов на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D_3 привело к увеличению концентрации свинца во всех органах и тканях птицы. Концентрация кадмия, напротив, снизилась.

Изучено влияние тяжелых металлов и витамина D_3 на содержание цинка и меди в организме птицы. Установлено, что присутствие в рационе птицы токсичных элементов приводит к перераспределению меди и цинка в организме птицы.

Проведены исследования морфологии крови цыплят-бройлеров и выявлено усиление регенерации всех клеток крови, стимулирование активности лимфоцитов под действием тяжелых металлов и витамина D_3 .

Определены морфологические и биохимические показатели крови птицы на фоне интоксикации и использования рациона с повышенным содержанием витамина D_3 . Воздействие тяжелых металлов оказывает влияние на количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, на показатели белкового и минерального обмена.

Определены показатели среднесуточных приростов птицы, живая масса и сохранность поголовья. Самой низкой была живая масса в группе, получавшей 1,5 МДУ свинца на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D_3 . Введение кадмия в рацион птицы не оказало отрицательного влияния на живую массу цыплят-бройлеров.

5. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТОКСИКАНТОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

В Новосибирском государственном аграрном университете совместно с Институтом переработки сельскохозяйственной продукции СО Россельхозакадемии с 1998 г. ведутся исследования по разработке препаратов, уменьшающих токсическое действие ряда антропогенных загрязнителей. В данном издании на основе экспериментальных данных переработана и расширена классификация детоксикантов, предложенная ранее (Бокова, 2004). Рассмотренные ниже детоксиканты уменьшают аккумуляцию тяжелых металлов в организме животных, кроме того, их использование позволяет разрабатывать технологии функциональных продуктов питания.

5.1. Детоксиканты минерального происхождения

К детоксикантам минерального происхождения нами отнесены различные алюмосиликаты: цеолит, клиноптилолит, вермикулит, опалит, монтмориллонит (табл. 43). Эти минералы обладают большой сорбционной емкостью, в том числе к токсинам в желудочно-кишечном тракте. К недостаткам их применения можно отнести уменьшение в организме таких необходимых элементов, как железо, медь, цинк. С другой стороны, в последнее время сократилась добыча этих минералов, за счет чего возросла их себестоимость. Поэтому доза включения их в рационы (до 6%) не всегда экономически оправданна.

Группа энтеросорбентов (СУМС-1, карбоктин, полисорб) более применима для сорбции бактериальных токсинов в желудочно-кишечном тракте. Исследования их с точки зрения сорбции тяжелых металлов носят чисто качественный характер. Существует ряд комбинированных препаратов на основе активированного угля, эти препараты довольно активно сорбируют ТМ. В частности, нами апробирована комбинация активированного угля с сульфатом магния.

Таблица 43

Детоксиканты минерального происхождения

Детоксиканты	Дозировка	Эффективность, особенности	Библиография
1	2	3	4
Цеолиты	4-6% от ОР	Уменьшение содержания свинца на 23,9%, кадмия на 40,7. Уменьшение содержания ТМ на 1,2-35%	Гамко, Талызина, 1997; Минина и др., 2000; Макаренко, Ларина, 2003
Доломит, каолин		Эффективны	Альберт, 1971; Лебедева, 1998
Клиноптилолит	5% от ОР 15 г/кг рациона	Уменьшение содержания ТМ в 1,5-2 раза, кадмия в 2 раза Уменьшение содержания ТМ в 1,5-2,5 раза	Фох, 1988 Мосолова, 2002
Опалит, монтмориллонит		Эффективны	Журавская, Кику, 1995; Бгатов В.И., Бгатов А.В., 1995
Вермикулит	1% от ОР	Уменьшение содержания ТМ в 3 раза, хрома и никеля в 10-11 раз	Кузнецов, Мухина, 1995
Сера		Эффективна	Рыскулов, 1988
ЛПКД «Экос» (гидроалюмосиликаты)	150 мг/кг	Уменьшение содержания свинца и кадмия в организме свиней на 10%	Присный, 2000
Полисorb (кремнезем)		Эффективен. Обладает антиоксидантными свойствами	Скальный и др., 2002б
СУМС-1		Малоэффективны при хроническом отравлении	Аверьянова, 1995

1	2	3	4
Карбоктин (углеродминеральный)		Эффективен	Оксенгендлер, 1982
Активированный уголь с сульфатом магния	1% от ОР животных, птицы	Уменьшение свинца в организме на 69,4%	Бокова, 2000

В эту группу мы относим минеральную серу и кормовые добавки на основе гидроалюмосиликатов, кремнезема. Препарат карбоктин состоит из активированного угля и оксида алюминия и является эффективным в отношении тяжелых металлов.

5.2. Детоксиканты синтетического происхождения

К данной группе мы относим медикаментозные препараты – комплексоны (табл. 44). Они являются циклическими соединениями, имеющими в своей структуре различные функциональные группы, образующие хелатные связи с ионами металлов благодаря присутствию азота. В результате такой реакции образуются комплексы хорошо растворимые, практически недиссоциирующие, малотоксичные. Токсикологический элемент в этом комплексе за счет координационных связей не высвобождается, теряет присущую ему токсичность и быстро выводится из организма.

В качестве комплексонов наиболее широко используются производные полиаминокарбоновых и полиаминофосфоновых кислот: тетрацин, пентацин, фосфицин и др. Их высокая выделительная активность в отношении ТМ, внутривенный путь введения, резкое перераспределение металла между скелетом и кровью при его массивном выведении, возможность побочных явлений (нефротоксический синдром) ограничивают рамки использования указанных препаратов только тяжелыми формами интоксикации.

Таблица 44

Детоксиканты синтетического происхождения

Детоксиканты	Дозировка	Эффективность, особенности	Библиография
1	2	3	4
Антидоты-комплексон-ны: ЭДТА, фосфицин		Возможен нефротоксический синдром (применяют только в условиях стационара)	Шемчук, 1966; Сорокина, 1972; Дятлова, Темкина, 1970; Хьюз, 1983
ЭДТА с глюкозой (1:3)	1% от ОР животных, птицы	Уменьшение содержания свинца в организме на 56,7%	Бокова, 2000
Унитиол, купренил		Высокая выделительная активность в отношении микроэлементов	Горн, 1970; Рашевская, Зорина, 1968; Рыскулов, 1988
Витамин В ₁	0,5 г/кг рациона	Уменьшение содержания свинца на 25%	Андрушайте, 1986
Аскорбиновая кислота			Кручакова, Полонская, 1951; Лойт, Савченков, 1996
Витамин В ₆			Рашевская, Зорина, 1968
Витамин Е			Castellino et al., 1966
Витамин D ₃	5000 МЕ/кг корма	Уменьшение аккумуляции кадмия в мышцах на 69%. Для свинца не эффективен	Грачева, Бокова, 2003
Метионин	9-12 мг/кг корма	Уменьшение аккумуляции свинца на 19-59, кадмия на 52-53%	Станкевич и др., 2002
Тиосульфат натрия	200-300 мг/кг корма	Уменьшение содержания свинца на 20-36%	Кашин и др., 1997; Смирнов и др., 1999

1	2	3	4
Тиосульфат натрия	1,5-2 МДУ в корме	Уменьшение аккумуляции кадмия на 31, свинца на 17-75%	Бочкарева и др., 2007
Селенит натрия	1,5 мг/гол. птицы		Минина и др., 2000
Селенит натрия	1 мг/кг корма	Уменьшение аккумуляции свинца на 44-74, кадмия на 20-61%	Бочкарева и др., 2009
Синтетические фенольные антиоксиданты	10 мг на 1 кг живой массы птицы	Уменьшение содержания свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров в 1,10- 4,80 раза. Уменьшение содержания кадмия в органах и тканях в 1,91-8,00 раз, с Фантоксом 11-2 в 1,65-3,78, с Фантоксом 11-3 в 1,33-2,90 раза	Коваль, Бокова, 2009

Комплексоны обладают побочными свойствами, нарушают обмен микроэлементов в организме, могут вызывать усиление симптомов интоксикации в период высокой элиминации ТМ из организма. Все перечисленные негативные стороны действия комплексонов свидетельствуют о нецелесообразности их использования в качестве профилактических средств.

Кроме того, к препаратам синтетического происхождения мы отнесли витамины. Вопросы использования их дозировок разработаны недостаточно. В эту же группу можно классифицировать серо- и селенсодержащие препараты, полученные химическим синтезом. В основном это неорганические соли.

В последнее время нами изучаются синтетические

фенольные жиро- и водорастворимые соединения с антиоксидантными свойствами. Благодаря широкому спектру биологически активного действия они могут оказывать комплексное влияние на аккумуляцию тяжелых металлов в организме цыплят-бройлеров (Коваль, Бокова, 2009).

В структуру молекул синтетических фенольных соединений входит достаточное количество функциональных групп, при взаимодействии с которыми тяжелые металлы могут образовывать хелатные комплексы или взаимодействовать по ионному обмену, инактивируясь.

5.3. Детоксиканты биологического происхождения

К детоксикантам биологического происхождения целесообразно отнести дрожжи и пробиотики, эффективные микроорганизмы, молочно-кислую кормовую добавку, поливедрим, фагостим (табл. 45) .

Таблица 45

Детоксиканты биологического происхождения

Детоксиканты	Дозировка	Эффективность, особенности	Библиография
Дрожжи			Войнар, 1960
Поливедрим	0,2 мг/кг живой массы	Уменьшение свинца и кадмия на 30-74%	Кропачев, 2004
ЭМ	0,5 мл/гол. птицы в сутки	Уменьшение аккумуляции свинца на 63-81, кадмия на 63-68%	Смоляков, 2006
МКД	0,2 мл/гол. птицы в сутки	Уменьшение аккумуляции свинца на 59-70, кадмия на 64-69%	Смоляков, 2004
Фагостим	0,1мг/кг живой массы	Уменьшение содержания свинца в органах и тканях птицы на 27-62, кадмия на 30-54%	Кропачев, 2004
Грибной порошок (вешенка обыкновенная)		Снижение содержания свинца и меди	Урьяш, Маслова, 1999 а; Щербинин и др., 1999
Хитин		Сорбирует 83% свинца	Урьяш, Маслова, 1999 а

Пробиотики – это живые, способные к приживлению в пищеварительном тракте культуры симбионтных микроорганизмов, выпускаемые в сухом или жидком виде. В настоящее время пробиотики выпускают в различных сочетаниях и под различными коммерческими названиями.

К биологически активным веществам (БАВ) относят поливедрим, полученный из дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, и фагостим, содержащий пул поли(А)-м РНК и белки цитокинового ряда. Доказано, что они обладают иммуномодулирующими, антистрессовыми и лечебными свойствами. После произведенного эффекта препараты расщепляются на составные части – аминокислоты и нуклеозиды, высвобождая свободные отрицательные радикалы и -SH группы, что и является основой детоксикационных свойств.

5.4. Детоксиканты растительного происхождения

К группе детоксикантов растительного происхождения мы относим облепиховый жом, корень солодки, препараты из семян тыквы, рапса (табл. 46).

Гуминовый препарат «Гумадапт», полученный щелочным гидролизом торфа, также отнесен нами в эту группу.

С 2002 г. мы активно работаем в этом направлении.

Профилактическое действие пектинов (естественных комплексообразователей) связано с их способностью уменьшать всасывание металла в желудочно-кишечном тракте, предупреждать его вторичную резорбцию в кровь, способствовать усиленному выведению металла из организма. Пектины стимулируют выведение и препятствуют всасыванию тяжелого металла как поступающего, так и ранее поглощенного организмом.

Таблица 46

Детоксиканты растительного происхождения

Детоксикан- ты	Дозировка	Эффективность, особенности	Библиография
1	2	3	4
Корень солодки		Уменьшение содержа- ния ТМ в 1,5 раза	Лыкасова, Раби- нович, 1999
Крапива		Действует положи- тельно	Вяйзенен, Токарь, 1997
Тыквет (семя тык- вы)	1 г/кг живой массы	Уменьшение содержа- ния кадмия в 3 раза, свинца в 1,8-2 раза	Мосолова, 2002
Семя рапса	30 г/гол. кр. рог. скота	Эффективны	Вяйзенен, 1993
Масло рапса	40 мг/гол.		
Рапс	100 г/гол. кр. рог. скота	Снижение содержа- ния свинца на 34-57, кадмия на 35-63%	Спринчак, 2005
Стебли под- солнечника	30 г/гол. кр. рог. скота	Эффективны	Вяйзенен и др., 1999
Корень пиона	1% от ОР	Уменьшение содержа- ния свинца в мышцах птицы на 40,6%	Бокова, 2000
Экстракт почек бе- резы	0,5 мл на 1 кг живой массы	Уменьшение со- держания свинца на 45,7-71,3, кадмия на 10,4-92,2%.	Шкиль и др., 2010
Экстракт листьев березы	0,5 мл на 1 кг живой массы	Уменьшение кон- центрации свинца в органах и тканях лабораторных жи- вотных на 42,3-76,3 ($P \leq 0,05-0,001$), ионов кадмия на 37,5-88,0% ($P \leq 0,01-0,001$)	Шкиль и др., 2010

Продолжение табл. 46

1	2	3	4
Экстракт почек сосны	0,5 мл на 1 кг живой массы	Снижение содержания свинца на 5,0-60,8, кадмия на 20,8-89,4%	Шкиль и др., 2010
Экстракт хвой сосны	0,5 мл на 1 кг живой массы	Снижение содержания свинца на 28,8-72,7, кадмия на 30,4-90,5%	Шкиль и др., 2010
Порошки из высушенных овощей		Сорбция свинца на 13-63, кадмия на 29-72%	Урьяш и др., 1999 б
ИК-сушеная тыква	3-6%	Снижение содержания свинца до 75, кадмия до 67%	Коршунова и др., 2009
ИК-сушеная свекла	3-6%	Снижение содержания свинца до 47, кадмия до 59%	Коршунова и др., 2009
ИК-сушеная морковь	3-6%	Снижение содержания свинца до 48, кадмия до 67%	Коршунова и др., 2009
Облепиховый жом	5 г/сут для птицы	Уменьшение содержания ТМ на 18%	Бондарчук, 1997
Облепиховая мука			Чебукина и др., 1998
Облепиховый гомогенат	10% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции свинца на 28,6-51, кадмия на 28,18-50,95%	Желтышева и др., 2008
Яблочный гомогенат	10% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции свинца на 27,6-59, кадмия на 29,2-58,5%	Желтышева, 2009
Крупяные изделия			Лаврушина и др., 2000
Лакричник, спирулина		Эффективны	Здольник, 2001

Продолжение табл. 46

1	2	3	4
ЭСТ-1 (из торфа)		Малоэффективен при хроническом отравлении	Аверьянова, 1995
Полифепан		Природный полимер: 80% гидролизного лигнина и 20% целлюлозы	Аверьянова, 1995
Гумадапт	50 мг/кг	Уменьшение содержания свинца на 76,8%	Бокова, 2000
Пектины, альгинаты	50 мг/кг рациона	Эффективны	Лившиц, 1989; Чайка, 1966; Barltrop, 1982; Скальный и др., 2002б
Пектин морских трав			Кушева, Кадникова 2001
Пектин овощной и фруктовый			Левченко и др., 1994; Голубев, Ильина, 2002; Компанцев и др., 1990; Браудо, Данилова, 2001а,б; Тамова и др., 2002а,б
Медетопект			Скальный и др., 2002а
Пектин	3% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции кадмия на 31, свинца на 14%	Инербаева, 2004; Бокова, Инербаева, 2003
Альгиновые кислоты и ее соли			Аминина, Вишневская, 2002; Лисицын, Литвинова, 2002; Соколова, Талабаева, 2001

1	2	3	4
Альгинат натрия	3% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции кадмия на 28,4, свинца на 17%	Инербаева, 2004
Альгинат натрия	0,5% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции свинца 16,8-62,4, кадмия на 14,6-66,4%	Носенко, Бокова, 2007
Каррагинан	0,5% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции кадмия на 29%, свинца на 21%	Гурова, 2001; Ситун и др., 2000 Носенко и др., 2003
Камеди			Кудряшова, 2001
Каррагинан: камедь (3:1)	0,5% на 1 кг продукта	Уменьшение аккумуляции свинца на 20,3-57,96, кадмия на 27-74%	Носенко, 2007

При разработке рецептур продуктов лечебного, лечебно-профилактического, функционального назначения целесообразно использовать природные полисахариды. Механизм их действия может быть различен. В одном случае действует целлюлозная матрица (порошки из высушенных овощей, грибной порошок, крупы). В другом случае возможны реакции комплексообразования и ионного обмена с функциональными группами собственно полисахарида (пектин, альгинат, каррагинан, хитин).

Наибольший интерес представляют собой растительные полисахариды, такие как пектин, способный связывать ионы металлов в нерастворимые комплексы и выводить их из организма.

В лаборатории детоксикантов Института переработки сельскохозяйственной продукции изучали яблочный и облепиховый гомогенат. Были испытаны гомогенаты в количестве 6 и 10%. При фоновой интоксикации токсичными элементами выявлено достоверное снижение содержания

свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных (крыс). Установлено, что при увеличении фоновой интоксикации металлами в 2 раза целесообразно применять более высокие концентрации детоксикантов – до 10%. Облепиха и ранет представляют собой комплекс биологически активных веществ, а именно пектинов, флавоноидов, витаминов, участвующих в процессе детоксикации (Инербаева и др., 2010; Желтышева, 2008).

Впервые разработаны мясные полуфабрикаты на основе ИК-сушеных овощей (свеклы, моркови, тыквы). Проведена их органолептическая оценка качества, определены функциональные показатели, а также выбраны наиболее предпочтительные сочетания овощей с определенным видом мяса. Установлена способность мясного полуфабриката с добавками из овощей к детоксикации антропогенных загрязнителей (свинца и кадмия) в модельных исследованиях на крысах (Коршунова и др., 2009).

На фоне интоксикации тяжелыми металлами мясной полуфабрикат с тыквой снизил содержание свинца в органах и тканях крыс на 14,7 - 75,5% ($P<0,05$), полуфабрикат со свеклой – на 6,8 – 47,6 ($P<0,01$), а полуфабрикат с морковью – на 2,9 – 48,0% ($P<0,001$).

Мясной полуфабрикат на основе ИК-сушеной тыквы снизил содержание кадмия в органах и тканях крыс на 32,7 ($P<0,05$) – 67,4% ($P<0,001$), на основе ИК-сушеной свеклы – на 17,6 – 59,1% ($P<0,01$) и на основе ИК-сушеной моркови на 24,3 ($P<0,01$) – 66,7% ($P<0,001$).

На базе кафедры химии НГАУ проведены исследования по определению детоксикационной способности растительных экстрактов. Экстракты почек березы снижают концентрацию свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных. Спиртовой экстракт уменьшает содержание свинца во внутренних органах опытных животных – крыс относительно животных, не получавших их, на 45,7-71,3, кадмия – на 10,4-92,2% (Шкиль и др., 2010).

Экстракты листьев березы снижают концентрацию ионов свинца в органах и тканях лабораторных животных на 42,3-76,3 ($P \leq 0,05-0,001$), кадмия – на 37,5-88,0% ($P \leq 0,01-0,001$).

Спиртовой экстракт почек сосны уменьшает содержание свинца во внутренних органах животных относительно животных, не получавших их, на 5,0-60,8, кадмия – на 20,8-89,4%.

Экстракт хвои сосны уменьшает содержание свинца во внутренних органах животных относительно контрольных, не получавших их, на 28,8-72,7, кадмия – на 30,4-90,5%.

5.5. Детоксиканты комбинированного происхождения

В последнее время наряду с детоксикантами растительного происхождения широко изучаются и комплексные детоксиканты (табл. 47), которые содержат в своем составе несколько компонентов, причем это могут быть как близкие по происхождению, так и резко различные компоненты. Работа в этом направлении позволяет усилить действие ряда детоксикантов и компенсировать недостатки или слабые места использования других компонентов. Комплексные детоксиканты по происхождению не всегда вписываются в рамки нашей прежней классификации, поэтому, на наш взгляд, целесообразно введение термина «комбинированное происхождение».

Из известных по литературным источникам ими являются комплексы аскорбиновой кислоты с макро- и микроэлементами: кальцевит, цинковит и др. В Белгородской ГСХА также разработаны атокс, аскорб. Аскорб представляет смесь отработанного при производстве витамина С активированного угля и соли аскорбиновой кислоты.

Известно, что использование облепихового жома и цеолита в качестве кормовых добавок приводит к увеличению прироста живой массы, уменьшению содержания тяжелых металлов в организме животных и выведению их через желудочно-кишечный тракт (Попов, 2001).

Детоксиканты комбинированного происхождения

Детоксиканты	Дозировка	Эффективность, особенности	Библиография
Цинковит		Снижение содержания свинца в мышцах кур на 14%	Бойко и др., 1996
Аскор		Снижение содержания свинца в мышцах кур на 20-26%	Шапошников, Мусиенко, 1996
Активированный уголь с виватоном		Уменьшение содержания свинца на 10-15%	Бондарчук, 1997
Облепиховый жом и цеолит	2 г/кг и 20-40 г/гол. птицы соответственно		Попов, 2001
Селена Вэл	1 мг/кг	Уменьшение аккумуляции свинца на 27-62, кадмия на 30-54%	Бочкарева, 2003; Бокова, 2004
МКД и УАД	МКД – 0,2 мл/гол. птицы на 1 прием; УАД – 4% от объема корма	Уменьшение содержания свинца в органах и тканях птицы в 2,1-5,6 и кадмия в 7,5-14,6 раза	Швыдков, Бокова, 2008

Изученный нами в качестве детоксиканта Селена Вэл – порошок спирулины, автолизат селенсодержащих дрожжей и аскорбиновой кислоты – может быть также, на наш взгляд, отнесен к препаратам комбинированного происхождения (Бочкарева, 2003).

Повысить продуктивность птицы, улучшить устойчивость организма к повышенным дозировкам токсикантов возможно за счёт коррекции нормальной микрофлоры с помощью пробиотических препаратов и других кормовых добавок, снижающих содержание тяжёлых металлов в конечной продукции.

Мы проанализировали степень влияния молочно-кислой и углеводно-аминокислотной кормовых добавок (МКД и УАД) на детоксикацию ионов тяжелых металлов (свинца и кадмия) в организме цыплят-бройлеров. Добавки вводили в количестве: МКД – 0,2 мл/гол. на 1 прием; УАД – 4% от объема корма на 1 прием. Кормовые добавки МКД и УАД выдавались первые трое суток после посадки, а также после каждого взвешивания и вакцинации, всего 10 раз (Швыдков, Бокова, 2008).

Углеводно-аминокислотная кормовая добавка получена путем деполимеризации крахмала и протеина зерна пшеницы гидроакустическим воздействием с использованием метода кавитации.

Согласно полученным результатам, применение МКД и УАД при интоксикации организма кадмием снижает его содержание в белых мышцах цыплят в 11,8, в красных – в 8,97, в сердечной мышце – в 7,5 раза ($P > 0,99$). Результаты исследования органов также показали влияние МКД и УАД на снижение содержания ТМ: в желудке содержание кадмия снизилось в 7,5, в печени – в 14,6 раза ($P > 0,95$).

Исследования показали, что добавление к рациону, загрязненному тяжелыми металлами, кормовых добавок – МКД и УАД приводит к детоксикации органов и тканей цыплят-бройлеров: в белых мышцах содержание свинца уменьшается в 3,5 ($P > 0,95$), в красных – в 4,6, в сердечной мышце – в 2,1 раза ($P > 0,99$). В органах также происходит снижение содержания свинца при включении в рационы МКД и УАД: в желудке – в 5,6 ($P > 0,99$), в печени – в 3,1 раза ($P > 0,95$).

В балансовом опыте была изучена переваримость питательных веществ корма цыплятами-бройлерами. В опытной группе она была выше, чем в контроле: жира – на 5,2%, клетчатки – на 7,1, безазотистых экстрактивных веществ – на 6,8% ($P > 0,95$). Сохранность птицы выше на 4,2% в слу-

чае использования исследуемых кормовых добавок.

В результате проведённых исследований установлено, что введение в рацион цыплят-бройлеров пробиотика МКД и УАД при интоксикации ТМ способствует уменьшению их количества в тканях и органах, а также способствует повышению продуктивности птицы, её сохранности и экологической чистоты.

Нами расширена и пререработана собственная классификация детоксикантов ТМ:

1. Определено пять групп детоксикантов, уменьшающих аккумуляцию тяжелых металлов в организме животных, по их происхождению: минеральные; синтетические; биологические; растительные; комбинированные.

2. При разработке рецептур продуктов для экологически неблагоприятных регионов целесообразно использовать пищевые добавки, содержащие достаточное количество природных полисахаридов, в основном растительного происхождения.

3. Комплексные детоксиканты могут относиться к одной из пяти групп детоксикантов, наиболее перспективно изучение детоксикантов комбинированного происхождения.

Препараты минерального, биологического и растительного происхождения являются универсальными детоксикантами ТМ в системе «почва – растение – животное».

6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

До настоящего времени деятельность человека не оказывала заметного влияния на сбалансированную в течение длительного времени экологическую среду. Но сейчас в ряде регионов эта гармония нарушена в результате все увеличивающейся антропогенной нагрузки.

Некоторые металлы, прежде всего, свинец, кадмий, ртуть, имеют уникальные токсикологические характеристики и оказывают негативное воздействие на окружающую среду и животные организмы даже в следовых количествах.

6.1. Повышение экологической безопасности продукции птицеводства

Мясо птицы, в частности цыплят-бройлеров, является диетическим продуктом питания, оно содержит большое количество белка и в том числе незаменимых аминокислот, незначительное количество жира и жироподобных веществ. Поэтому увеличение его производства и улучшение качества данного продукта является весьма важной задачей современного птицеводства (Бойко и др., 1996).

В состав кормов должны входить все необходимые компоненты, соответствующие потребностям организма птицы, от этого в большей степени зависит эффективность мясного птицеводства. Однако в связи с экологическим кризисом происходит загрязнение не только кормов, которые используются в кормлении птицы, но и самой продукции птицеводства, а это значит, что под угрозу ставится экологическая безопасность населения.

В решении проблемы улучшения качества продукции птицеводства важная роль отводится санитарно-гигиенической оценке содержания в ней нежелательных веществ. Большие количества соединений тяжелых металлов выде-

ляются в атмосферу и занимают одно из ведущих мест в загрязнении окружающей среды. Являясь высокотоксичными, соединения свинца и кадмия обладают высокой степенью кумулирования в некоторых жизненно важных органах и тканях. Возможные последствия постоянно увеличивающегося поступления ТМ в организм в настоящее время невозможно прогнозировать, так как биологическое действие малых количеств элементов на организм сельскохозяйственных животных и птиц остается неясным.

Известно, что все минеральные вещества, в том числе и токсические, участвуют в биохимических процессах живого организма и в малых количествах необходимы как стимуляторы тех или иных процессов. Поэтому они входят в классификацию минеральных веществ как условно необходимые, так как неизвестна степень их участия в обменных процессах и количество, необходимое организму. При избыточном поступлении ТМ накапливаются во всех органах и тканях в концентрациях, превышающих жизненно необходимые. Поэтому минеральную среду организма важно регулировать с помощью детоксикантов, которые способны связывать ТМ и тем самым уменьшать их токсическое действие.

С целью выявления новых соединений, способных связывать свинец в организме, были проведены исследования на 6 группах птицы. Цыплятам 1-5-й опытных групп вводили 10%-й раствор ацетата свинца $\text{Pb}(\text{OAc})_2$ ежедневно в дозе 1,5 мг на 1 кг живой массы, что соответствует хронической интоксикации организма. Цыплятам 2-5-й опытных групп давали различные детоксиканты. Вторая группа получала препарат «Гумадапт», содержащий гуминовые кислоты, в количестве 50 мг/кг живой массы; 3-5-я группы получали соответственно комбикорм с 1% премикса, включающего различные вещества: глюкозу с ЭДТА, корень пиона, активированный уголь с сульфатом магния.

Нами впервые было решено использовать гуминовый

препарат для уменьшения содержания свинца в живом организме (патент на изобретение РФ №2189239).

По снижению содержания свинца в различных группах мышц наиболее эффективной была концентрация «Гумадапта» 50 мг/кг живой массы. Кроме того, было определено естественное содержание жизненно важных микроэлементов (меди, цинка) в мышцах цыплят всех групп. Так, если в 1-й группе (свинцовая интоксикация) содержание меди было ниже на 47,5 ($P<0,05$), а цинка – на 39,4% ($P<0,01$), то в группах, получавших «Гумадапт», эти показатели повысились и были близки к контролю. Это показывает отсутствие побочного действия «Гумадапта», препятствующего связыванию ионов необходимых организму металлов. Гуминовые кислоты и их соли довольно специфично связывают свинец в соединения, которые, видимо, легко выводятся из организма почками, что согласуется с литературными данными о специфике взаимодействия свинца с гуминовыми кислотами (Ладонин, Марголина, 1997). Это можно объяснить более высоким значением константы устойчивости гумата свинца по сравнению со значениями этого параметра для меди и цинка (Орлов, 1985; Stevenson, 1976; Stevenson, Filch, 1981). Так как препарат не нарушает баланс микроэлементов в организме, его возможно использовать в профилактических целях в количестве 50 мг/кг живой массы.

Нами были определены и гематологические показатели цыплят-бройлеров всех групп. Кровь, омывая клетки тканей, реагирует на малейшие изменения, происходящие в них. Знание влияния препаратов на динамику форменных элементов крови, в частности ее лейкоцитарную формулу, позволяет точнее отличить физиологические изменения в крови от патологических и тем самым дает возможность детально оценить как состояние цыплят-бройлеров, так и качество получаемой от них продукции (Лебедева, 1998; Шемчук, 1966; Combs et al., 1982; Kaul, 1983; Maxwell, Bischoff, 1992).

Наши данные свидетельствуют об отсутствии достоверной разницы по количеству эритроцитов в крови птиц, самым низким оно было в 1-й группе – на 9,8% ниже, чем в контроле. Эритроциты, как и сывороточный альбумин, обладают огромной связывающей емкостью для липофильных низкомолекулярных соединений (в частности, лекарств); видимо, этим можно объяснить их снижение в группе без детоксиканта, но с повышенным содержанием свинца в корме.

Лейкопения птицы в 1-й опытной группе может зависеть от угнетающего действия свинца на созревание и выделение лейкоцитов из кроветворных органов, моноцитоз также объясняется истощением защитных функций организма на фоне повышенного содержания свинца. На фоне применения «Гумадапта» все гематологические показатели нормализуются.

Следовательно, включение в рацион «Гумадапта» не вызывало нарушения белкового и минерального обмена, что позволяет рекомендовать его для использования без ущерба для здоровья птицы. Наши данные согласуются с исследованиями русских и зарубежных ученых (Горн, 1970; Лукьянова, 1996; Макензет, 1990; Рождественский, Шаров, 1980; Лотош, 1985; Заярко, 1984; Castellino, Lamann, 1966; Denbo, 2000).

Цинк, медь, марганец оказывают положительное влияние на рост, развитие и размножение животных и птицы. В нашем опыте по данным микроэлементам на фоне применения гуминового препарата отложение цинка, меди, марганца повысилось, в то время как в 1-й группе цыплят-бройлеров оно было ниже контроля.

Использование гуматов в птицеводстве приводит к повышению живой массы птицы, увеличению сохранности. Вследствие применения «Гумадапта» значительно снижается содержание свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров, не нарушая баланса макро- и микроэлементов. Улучшается пе-

реваримость основных питательных веществ. Многогранные свойства препарата указывают на настоятельную необходимость включения его в реестр детоксикантов с целью получения экологически безопасной продукции птицеводства.

Исходя из наших результатов, можно предложить комплексное использование гуминового препарата и корня пиона для снижения содержания свинца в организме. Гуминовые кислоты являются основной частью экологически адаптированной системы – почвы. Пион (*Paeonia anomala* L.), в свою очередь, является частью экологически адаптированной растительной системы.

Научный и практический интерес представляют исследования влияния селеносодержащих препаратов на аккумуляцию некоторых тяжелых металлов.

В Сибири и северо-западных областях страны, в районах с развитым птицеводством, нередко почвы, бедные селеном. Это приводит к тому, что зерно и травяная мука, входящие в комбикорма, не содержат достаточного количества селена, дефицит которого в рационах цыплят приводит к возникновению у них ряда заболеваний. При обогащении кормов селеносодержащими препаратами (в частности, селенитом натрия) достигается хороший лечебно-профилактический эффект (Внутренние ..., 1994; Георгиевский, 1979).

Отсутствие селена в нужном количестве в рационе животных вызывает у последних синдромы заболеваний, подобных проявлению Е-авитаминоза. Полагают, что большинство симптомов Е-авитаминоза обусловлено недостатком в организме животных не только витамина Е, но и селена. Об этом свидетельствует высокий профилактический эффект соединений селена при заболеваниях животных, возникающих при дефиците в питании и организме альфа-токоферола. Связь между витамином Е и селеном в развитии целого ряда заболеваний оказывается очень глубокой потому, что некоторые обменные функции обоих веществ взаимосвязаны (Георгиевский, 1970; Громов и др., 1998).

Исследования, связанные с выяснением механизма действия селена на физиологические процессы у животных, дают основания предполагать, что селен в организме участвует в аэробном окислении, замедляя его интенсивность и этим регулируя скорость течения окислительно- восстановительных реакций в целом. Селен и селеноорганические соединения являются мощными антиокислителями. Селен может непосредственно взаимодействовать с витамином С или же связывать сульфгидрильные группы, которые обычно действуют как стабилизаторы витамина С.

Целый ряд токсических явлений, вызываемых действием кадмия, таких как поражение семенников, почек и печени, токсемия беременности, можно предупредить одновременной дачей селена. С включением в рацион ягнят селена накопление свинца в органах и тканях также значительно снижается, что уменьшает токсикологический эффект этого элемента (Schrauzer, 1987; Uminska, 1990).

Селен, находящийся в крови, восстанавливается до H_2Se , который способен вступать в реакцию с металлами, образуя нерастворимые комплексы, понижающие биологическую доступность селена и металла. С одной стороны, образование биологически недоступных соединений селена с металлами может вызвать у животных вторичную недостаточность селена; во- вторых, это взаимодействие лежит в основе снижения токсичности металлов повышенными дозами селена (Диагностика ..., 1966; Benes, 2000).

Известно, что добавление в рацион овец, выпасающихся вблизи автострад, селена положительно влияет на многие показатели роста и развития животных, снижает уровень свинца в тканях и органах, уменьшает патологические изменения органов. Подобный эффект применения селена в виде селенита натрия наблюдался при экспериментальном отравлении бычков солями ртути и свинца. Использование селена вместе с витамином Е в рационе человека уменьшает

вредное воздействие многих тяжелых металлов. Известно, что эффективность селена как антиоксиданта выше, чем витамина Е, в 500 раз. Видимо, именно это его свойство позволяет использовать селен в качестве нейтрализатора токсичности многих элементов, хотя некоторые авторы склонны рассматривать селен только как часто встречаемый загрязнитель окружающей среды наряду с другими токсичными элементами. Тем не менее очень много работ посвящено селену как протектору таких веществ, как ртуть, кадмий, свинец, алюминий, мышьяк. Конечно, во всех случаях важна доза применения селена, видимо, именно этот момент внес спорность в вопрос токсичности или, напротив, полезности селена в совместном поступлении его в организм с другими металлами (Ермаков, Ковальский, 1974; Зелепукин, 1968; Кадмий ..., 1997; Bersin, 1967; Browning, 1961).

Селен как эссенциальный микроэлемент имеет свою оптимальную концентрацию поступления в организм. Замечено, что многие токсические явления, вызываемые действиями и свинца, и кадмия уменьшаются при одновременном включении в рацион селена (Moxon, Olson, 1974).

Видимо, это объясняется тем, что селен активно соединяется с белками, заменяя в них металлы. Наличие селена в белках сыворотки крови, гемоглобине, некоторых ферментах предотвращает включение в них свинца и кадмия. Кроме того, селен, восстановленный до H_2Se , вступает в реакцию с самими металлами и образует труднорастворимые комплексы. Это является основой снижения биологической доступности и, как результат, токсического воздействия металла.

Конечно, при хроническом отравлении свинцом и кадмием образование биологически недоступных соединений селена с металлами может вызвать недостаточность селена. Поэтому важно количество поступающего в организм селена, точно подобранная концентрация.

Мы изучали влияние на организм птицы токсичных

элементов – свинца и кадмия – и эссенциального элемента – селена – и совокупное действие этих веществ, взяв за версию мнение о детоксикационных свойствах селена к кадмию и свинцу (Кадмий ..., 1997; Ковальский, 1993; Кузнецов, 1988; Cadmium ..., 1988).

Научный интерес представляют эмпирические данные, полученные нами, по влиянию селеновых добавок на аккумуляцию токсических веществ в организме птицы. Нами использовались два соединения селена – селенит натрия и Селена Вэл. По мнению ряда авторов, селенит натрия более токсичен, чем органические соединения селена, такие как гидроселеноксантен, Селенафен-5, Селенафен-6, 6-селенопурин и др. (Мизюкова, Петрунькин, 1967; Михалева, Черняев, 1989; Vendelang, Beilstein, 2000). Тем не менее встречаются утверждения, что в растениях селен, находящийся в органической форме, обладает более токсическим свойством, чем неорганическое его соединение. Объясняется это тем, что селен из натуральных кормов аккумулируется в тканях животных, а из селенитов – нет (Кальницкий, 1985). Селена Вэл является органическим соединением селена, поэтому в своей работе мы выбрали именно его в качестве второго детоксиканта. Селеновые добавки использовались в количестве 1 МДУ селена на 1 кг корма (Бочкарева, 2003).

Содержание свинца и кадмия однозначно снизилось при использовании селеновых добавок, но эффект применения селенита натрия оказался выше. Снижение свинца в разных органах составило от 44,2 до 74,3%, при этом содержание тяжелого металла в мясе соответствовало экологическим нормам для данного продукта. При применении препарата Селена Вэл количество свинца в организме птицы уменьшилось на 26,7-62,8% (патент РФ №2255469).

Снижение содержания кадмия в органах и тканях птицы оказалось менее эффективно, чем свинца, хотя некоторые авторы считают именно кадмий и селен антагонистами

в живом организме (Тутельян, Бондарев, 1987; Тутельян и др., 2002; Whanger, 1992). Органический селен снижает аккумуляцию металла в организме птицы на 29,6-54,3, селенит натрия – на 20,2-60,8%. Необходимо отметить, что остаточное количество кадмия во втором случае не всегда было ниже, чем при применении Селена Вэл. В печени и почках содержание металла оказалось выше, но в других органах снижение содержания кадмия эффективнее при использовании селенита натрия. В мышцах остаточное количество металла оказалось сравнимо в обоих случаях.

Механизм антагонистического действия селена и кадмия заключается в изменении распределения металла в растворимых фракциях клеток, где увеличивалось связывание металла высокомолекулярными белками и уменьшалось связывание с металлотионеином. В плазме крови и эритроцитах селенит превращается в селенид (Se^{-2}), образуя комплексы Cd-Se^{-2} и связываясь с высокомолекулярными белками. Кадмий в комплексе с Se^{-2} биологически неактивен, то же самое можно сказать и о селене (Москалев, 1985; Calabrese, 1980; Filov et al., 1979). А.П. Авцын и др. (1991) утверждают, что по тому же принципу происходит связывание в организме свинца (1991). Образование биологически недоступных соединений селена с металлами может вызвать у животных вторичную недостаточность селена, но это же взаимодействие лежит в основе снижения токсичности металлов повышенными дозами селена.

В своих исследованиях мы не ограничились определением только количества свинца и кадмия в органах и тканях птицы. В качестве уточняющих данных определялись некоторые морфологические и биохимические показатели крови. Кровь в той или иной степени отражает многое из происходящего в организме. Различные вещества обладают биологическим действием на кроветворную систему, тормозя или стимулируя ее деятельность. Исследования крови

подтвердили негативное влияние ТМ на организм птицы и положительное воздействие селеновых добавок при одновременном их потреблении с токсичными элементами. Резкое снижение белка крови происходит, в первую очередь, за счет уменьшения количества альбуминов. Известно, что понижение процессов синтеза белка может являться следствием интоксикации от химических веществ, токсикозов, поражения печени, места образования альбумина, фибриногена и части глобулинов; увеличения проницаемости капиллярных стенок вследствие токсического их поражения и выхода белка (главным образом альбуминов) в ткани и др. (Ноздрюхина, 1977; Пешков, 1987; Ganter, 1974).

Снижение количества белка крови в группе птиц, подвергшейся токсикации, было максимальным – 30,1% (альбуминов – 52,1%). Некоторые авторы в своих исследованиях получали аналогичные данные. Так, хроническая токсикация свинцом и кадмием привела к уменьшению количества белка крови в 1,2 раза, при этом содержание альбуминов уменьшилось в 2,6 – 3,2 раза (Смоляр, 1989). Применение селеновых добавок также снизило концентрацию белка и белковых фракций в сыворотке крови. В отношении этого вопроса в литературе отсутствует согласованность. Некоторые исследователи говорят об увеличении количества общего белка и белковых фракций крови птиц (Трахтенберг и др., 1994; Frances, 1954) при воздействии на них селеносодержащими соединениями. Другие специалисты, напротив, отмечают снижение этих показателей под влиянием селеновых добавок (Уразаев, 1990; Тяжелые ..., 1980; Friberg et al., 1979; Hardiman, Yacoby, 1987).

Совместное использование селеновых добавок и тяжелых металлов смягчило токсикологический эффект, и содержание белка крови у птиц нормализовалось. Применение Селена Вэл частично улучшило эти показатели, а действие селенита натрия показало результаты, достоверно не отличающиеся от контрольных.

Увеличилось содержание в сыворотке крови под воздействием ТМ продукта обмена белков – мочевины, что согласуется с литературными данными (Тютиков, 2000). Наличие мочевины в крови обусловлено процессами дезаминирования азотсодержащих соединений. Концентрация мочевины в крови снижается введением в рацион селеновых препаратов.

Широко известно негативное влияние ТМ на другие биохимические показатели крови. Ухудшение минерального, углеводного и ферментативного обмена отмечают многие исследователи (Устенко, 1982). Нами получены данные, подтверждающие нарушение баланса кальция и фосфора, снижения содержания глюкозы крови и увеличения активности ферментов – АСТ, АЛТ и щелочной фосфатазы при хроническом свинцово-кадмиевом токсикозе птиц. Применение селеновых препаратов значительно улучшает эти показатели.

Наши данные свидетельствуют об изменении морфологических показателей крови под влиянием ТМ. На 11,3% снизилось содержание гемоглобина, количество эритроцитов – на 13,5, лейкоцитов – на 38,8%. Эритроциты, как и альбумин, обладают связывающей емкостью для липофильных низкомолекулярных соединений (Фидельман, 1974), видимо, этим и можно объяснить их снижение в крови птиц, подвергшихся токсикации. На фоне применения селеновых препаратов все показатели нормализовались.

Содержание показателей крови стабилизируется селеновыми препаратами, но лучшие результаты показало применение неорганического соединения селена – селенита натрия. Мы объясняем это тем, что биологическая доступность селена зависит от химической формы, в которой он находится. Многие известные органические соединения селена обладают меньшей биологической эффективностью, чем селенит натрия. Его биологическая доступность составляет 74%, что значительно выше, чем у многих дру-

гих соединений селена (Флоринский, Седова, 1992). При балансировании рационов сельскохозяйственной птицы по минеральным веществам необходимо учитывать не только содержание селена, но и его биологическую доступность, которая зависит от химических свойств соединения и некоторых других факторов. Следует помнить, что в кормах растительного происхождения доступность селена составляет 60-70%, а в кормах животного происхождения (которые обязательно присутствуют в рационе птицы) – от 8,5 до 25%.

Таким образом, в данной серии экспериментов установлено, что при хроническом оральном поступлении солей ТМ в организм птицы происходит многократное увеличение аккумуляции металлов органами и тканями, особенно печенью, почками и пером. При этом ухудшаются сохранность птиц и прирост живой массы. Происходит также изменение показателей крови. Селеновые препараты в дозе 1,0 МДУ селена на 1 кг корма уменьшают аккумуляцию свинца и кадмия, нормализуют частично или полностью гематологические показатели, положительно влияют на сохранность птиц и прирост живой массы. Полученные результаты согласуются со многими литературными данными (Хэммонд, Фолкс, 1993; Хмельницкий, 1987; Landrigan, 1995; Wilberg, 1980).

Пробиотики – препараты микробного происхождения, проявляющие свои позитивные свойства на организм через регуляцию кишечной микрофлоры. Основная роль пробиотиков – создание временного искусственного микробиоценоза, создающего оптимальные условия для активации собственного иммунитета микроорганизмов (Калмыкова, 2001).

В большинстве случаев миграция металлов и неметаллов в природной среде связана с их окислительно-восстановительными превращениями, что обуславливает изменение уровней их растворимости. Большая роль в окислительно-восстановительных превращениях неорганических ионов принадлежит микроорганизмам, и по мере усиливающего-

ся загрязнения биосферы металлами, последние, благодаря микроорганизмам, начинают вовлекаться в глобальные биохимические циклы. Поэтому познание роли микроорганизмов в окислительно-восстановительных трансформациях, осуществляемых бактериями, важно для управления этими процессами. Значительная часть трансформаций неорганических ионов осуществляется гетеротрофными бактериями, для которых эти реакции не являются энергодающими (Сотникова, 1987; Степанов, 1998).

В последние годы появился ряд сообщений, расширяющих наши представления о процессах окисления и восстановления неорганических ионов гетеротрофными бактериями. Стало очевидным, что способность гетеротрофных бактерий к окислению или восстановлению неорганических ионов не является строго специфичной и ограниченной в пределах одного вида или штамма, и ряд гетеротрофных бактерий в зависимости от условий среды могут трансформировать тот или иной неорганический ион. Это свидетельствует о широте приспособительных реакций таких бактерий и позволяет им выживать в условиях истощения одного акцептора электронов, заменяя его на альтернативный. Следует отметить, что вопрос о полифункциональности бактерий в трансформации элементов с переменной валентностью изучен слабо (Гертман, 2002; Мосина, 1999).

Анализ литературных данных показал, что информации по данному вопросу недостаточно, все сведения разрозненны и не дают цельного представления о возможности использования бактерий как способа снижения содержания ТМ в организме животных.

Работы таких авторов, как Г.И. Новик, Н.И. Астапович, А.А. Самарцев, Н.Е. Рябая (2000), устанавливают факт продукции клетками бифидобактерий гликокаликса – комплекса экстрацеллюлярных полисахаридов и гликопротеинов, выполняющих функцию защиты популяции от небла-

гоприятных экзо- и эндогенных факторов, способствующих агрегации клеток в микро- и популяционные колонии.

М. Pazirandeh, S. Bang (1999) предлагают свой подход к связыванию ТМ с помощью генетически модифицированных клеток бактерий. Метод предполагает бактериальный синтез внутриклеточных пептидов, способных связывать ТМ, с последующей иммобилизацией на твердой подложке убитых клеток. Иммобилизованные клетки удаляли свыше 95% Cd и Hg и в несколько меньшей степени Pb и Cu из растворов, содержащих эти ТМ.

V.I. Kefala, K.A. Matis (1999) изучали возможность удаления высокотоксичного металла кадмия из водных растворов, в том числе сточных вод, с помощью микроорганизмов, а именно живой и неживой биомассы бактерий *Actinomyces* штаммов AK61 и JL322. При использовании оптимальных условий (рН, температура и т.д.) достигалось более чем 95%-е удаление кадмия в одну стадию и одновременно.

Казахскими учеными С.А. Абдрашитовой (2002) и С.А. Айткельдиевой обнаружено влияние загрязнения илов и прибрежных почв реки Нуры ртутными соединениями на биоразнообразие микроорганизмов. В местах загрязнения существенно уменьшается как их количество, так и видовое разнообразие бактерий, грибов и актиномицетов. Это, в свою очередь, влияет на плодородие почв и процессы гумусообразования.

Witter Ernst, Gong Ping (2000) провели долгосрочный эксперимент на полях орошения в Брауншвейге, Германия. Исследовали изменения в почвенных микробных сообществах (ПМС), их строение и развитие устойчивости к ТМ как следствие обработки в прошлом участков почвы осадками сточных вод, содержавших и не содержавших ТМ. Применявшиеся в прошлом осадки и содержащиеся в них ТМ влияли на дыхание клеток в ПМС, стимулируемое добавлением 15 различных С-содержащих субстратов. Интенсив-

ность дыхания у ПМС, подвергшихся обработке осадками, загрязненными ТМ, повышалась. Подобный подход позволяет выявить и наиболее токсичный ТМ среди содержащихся в стоках. В проведенных опытах в ряду Cd, Cu, Ni и Zn им был Zn.

О.Д. Бекасова, В.В. Никандров (2000) установили, что цианобактерии могут быстро и в больших количествах аккумулировать ионы ТМ. Эффективность их накопления зависит от вида и физиологического состояния клеток, концентрации металла в среде и физико-химических характеристик воды.

В связи с этой проблемой во всем мире ведется очень много разнообразных исследований (Заки Шафика, 1975; Лаптий, 2001; Субботин, 1996; Субботин, Сидоров, 1998; Abdull, Chmielinska, 1989). Мы решили провести исследования в этом направлении, только на живом организме, и решить две проблемы производства экологически безопасной продукции. Первая — это снижение интоксикации ТМ организма птицы, а вторая — уменьшение отрицательных последствий влияния антибиотиков.

Проанализировав доступную нам литературу, мы пришли к выводу, что вопрос о влиянии пробиотиков на аккумуляцию тяжелых металлов в организме животных не изучен. Нет данных, нет единой системы, которая позволила бы понять механизмы взаимодействия пробиотиков и тяжелых металлов.

В результате проведенных исследований было установлено, что сохранность поголовья птицы в группах, получавших ОР+МКД и ОР+МКД+ТМ, составляет 90%, что превышает контрольную группу на 13,4%, и приближена к стандарту по сохранности для этого кросса, а группы, получавшие ЭМ-препарат (ОР+ЭМ и ОР+ЭМ+ТМ), находятся в одном соотношении с контрольной группой, т.е. 76,6%. Группа, получавшая повышенную дозу тяжелых металлов, была

ниже по показателю сохранности на 4,3% по сравнению с контрольной. Из вышеизложенного следует, что молочно-кислая добавка повышает сохранность цыплят-бройлеров.

Проанализировав зоотехнические данные, мы установили, что пробиотик Кюссейн ЭМ-Агро-Обь положительно влияет на интенсивность роста живой массы. Происходит рост живой массы птицы по сравнению с контрольной группой на 4,4-7,5%.

Молочно-кислая добавка оказывает положительное действие на динамику роста живой массы. Рост живой массы птицы происходит на 5,1-10,7% интенсивнее, чем в контрольной группе.

В группе, получавшей тяжелые металлы, также происходит повышение живой массы по сравнению с контрольной группой на 15-е сутки на 2,5% с последующим ее снижением на 5% на 30-е и 40-е сутки. Это связано с тем, что стало происходить накопление тяжелых металлов в органах и тканях цыплят-бройлеров.

Повышение живой массы до 10,7% по сравнению с контрольной группой происходит и в группе, получавшей ОР+ЭМ+ТМ, на 15-е сутки с последующим снижением до 9,5% на 30-е сутки и до 9% на момент забоя. Это связано с тем, что в организме цыплят-бройлеров наблюдается кумулятивный эффект и повышенный обмен веществ, способствующий не только выведению тяжелых металлов из органов и тканей птицы, но и приросту живой массы на 4,5% по сравнению с группой, получавшей ОР+ЭМ.

На 15-е сутки происходит повышение живой массы птицы в группе, получавшей ОР+МКД+ТМ, на 8,3% по сравнению с контрольной группой. В последующие взвешивания наблюдается снижение динамики роста живой массы цыплят-бройлеров до 7,9% на 35-е сутки и до 5,9% на 40-е сутки по сравнению с контрольной группой.

Пробиотические препараты способствуют снижению аккумуляции ТМ в организме птицы. Эффективные ми-

кроорганизмы снижают содержание кадмия на 63,70-68,3, свинца – на 63,8-81,7%.

Молочно-кислая добавка снижает содержание кадмия на 64,8-68,8, свинца – на 59,5-70,6%.

Включение пробиотиков в рацион птицы способствует снижению интоксикации тяжелыми металлами и оказывает положительное влияние на интенсивность роста, сохранность цыплят и экологическую чистоту выпускаемой продукции (патент РФ № 2306700).

Желательно использовать пробиотики в течение всего срока выращивания птицы, так как это повышает иммунитет и способствует восстановлению организма после приема курса антибиотиков.

В современных условиях производства, при интенсивных темпах роста мышечной массы цыплят-бройлеров, могут возникать отклонения в развитии костей, чаще всего нарушения проявляются искривлением грудной кости и утолщением суставов ног. В целях формирования крепкого костяка для современных кроссов птицы используют премиксы с повышенным содержанием некоторых витаминов, в частности витамина D.

Витамины как биологически активные вещества влияют на усвоение макро- и микроэлементов в организме животных и человека. Однако недостаток или избыток витаминов может привести к серьезным нарушениям минерального обмена.

Такие элементы, как свинец, кадмий, медь, цинк, являются естественной частью природы, они входят в состав горных пород, почв, водоемов, содержатся в растениях и организмах животных. Но техногенное воздействие включает кругооборот таких количеств этих элементов, которые в значительной степени превышают их природные величины. Таким образом, человек подвергается воздействию токсических концентраций этих элементов через пищевые цепи «почва – растение – животное – продукт питания».

Одновременное воздействие нескольких тяжелых металлов, поступающих в организм из объектов окружающей среды с пищевыми продуктами, оказывает комбинированное воздействие на организм животного. При этом может наблюдаться как суммирование эффектов, так и их потенцирование (Гильденскиольд и др., 1992).

Большинство авторов склонны считать свинец и кадмий исключительно вредными веществами (Свинец ..., 2000; Тяжелые ..., 2000) и только некоторые из них полагают, что тяжелые металлы необходимы в организме (Смоляр, 1989). Безусловно, эти элементы участвуют в биохимических процессах живого организма (Химические ..., 1979; Vallee, Ulmer, 1972).

В наших исследованиях мы рассматривали влияние токсичных элементов – свинца и кадмия – на организм птицы, а также совокупное действие на организм птицы этих элементов на фоне применения повышенной дозы витамина D₃.

Обоснованием наших исследований мы считаем наличие в корме ионов свинца и кадмия в количестве $2,56 \pm 0,38$ и $0,22 \pm 0,04$ мг/кг корма соответственно.

Необходимо отметить, что корма были получены в районах Новосибирской области, и присутствие в них ионов тяжелых металлов может свидетельствовать о наличии источников загрязнения тяжелыми металлами, вследствие чего содержание токсических элементов в корме может возрастать.

В наших исследованиях мы получили данные, позволяющие судить о неблагоприятном влиянии свинца и кадмия на организм птицы.

В бедренных и в грудных мышцах свинец был обнаружен в следовых количествах. Наибольшее его количество содержалось во внутренних органах: в печени – $0,161 \pm 0,012$ мг/кг, в почках – $0,112 \pm 0,017$, в сердце – $0,044 \pm 0,006$, в грудных костях – $0,006 \pm 0,003$, в трубчатых костях – $0,003 \pm 0,001$ мг/кг.

Потребление птицей рациона с повышенным содержанием витамина D₃ привело к тому, что значительно возросла концентрация свинца в мышцах птицы: в грудных – до 0,110±0,028, в бедренных – до 0,202±0,027 мг/кг. В остальных органах и тканях зависимость распределения свинца была такой же, как и у птицы контрольной группы: печень – 0,198±0,067 мг/ кг, почки – 0,115±0,047, сердце – 0,052±0,01, грудные кости – 0,032±0,075, трубчатые кости – 0,004±0,001 мг/кг.

Следует отметить, что в грудных костях концентрация свинца также увеличилась в 5 раз по сравнению с контрольной группой. Низкое содержание свинца в костной ткани противоречит мнению большинства авторов о том, что кости являются основным депо накопления свинца (Ершов, Плетнева, 1989; Кузубова, 1990; Бокова, 2000). Возможно, это связано с тем, что концентрация свинца в корме не была настолько высокой, чтобы вызвать механизмы аккумуляции свинца в костях и замещения им кальция. Но можно сделать вывод о том, что присутствие витамина D₃ способствовало увеличению концентрации свинца в костной ткани.

Введение в рацион цыплят-бройлеров 1,5 МДУ свинца привело к значительному увеличению концентрации элемента во всех органах и тканях по сравнению с этими показателями контрольной группы. Максимальное увеличение концентрации свинца было отмечено в мышечной ткани в следующей последовательности: грудные, бедренные мышцы, сердце.

Более высокое содержание свинца в грудных мышцах может быть связано с тем, что в них выше содержание белка, так как они состоят из относительно крупных мышечных волокон с высоким содержанием миофибрилл, и интенсивность кровообращения в них ниже, чем в бедренных мышцах. Высокая интенсивность кровообращения в бедренных мышцах, по-видимому, приводит к низкому содержанию токсиканта.

Присутствие в рационе 1,5 МДУ свинца привело к отложению его в костной ткани. По сравнению с контрольной группой концентрация свинца возросла в 28 раз в грудных костях и в 42 раза – в трубчатых.

В ходе исследований было установлено, что витамин D₃ способствовал усилению аккумуляции свинца в организме птицы. Данные об аккумуляции свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров под действием витамина D₃ представлены на рис. 6.

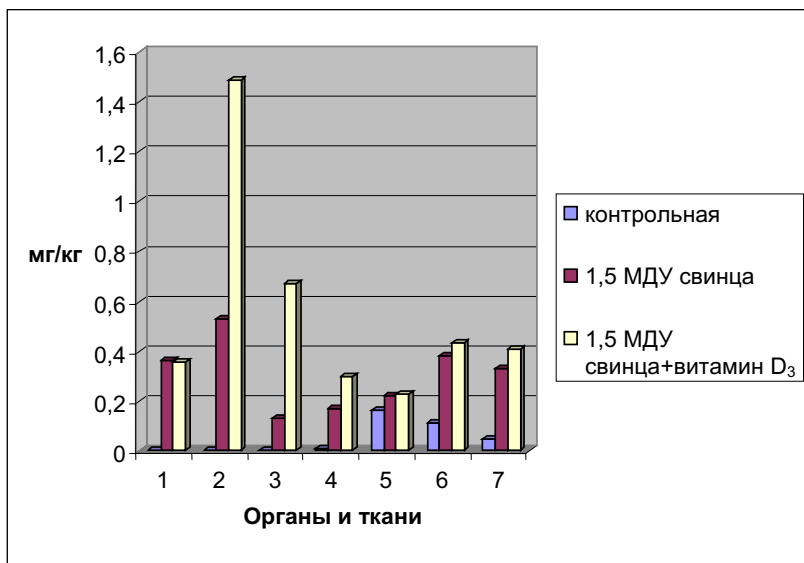


Рис. 6 Содержание свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров под действием витамина D₃.

Здесь и на рис. 7-9:

1 – бедренные мышцы; 2 – грудные мышцы; 3 – трубчатые кости; 4 – грудные кости; 5 – печень; 6 – почки; 7 – сердце

У цыплят-бройлеров, получавших 1,5 МДУ свинца на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D₃, максимальная концентрация свинца была обнаружена в грудных мышцах – $1,49 \pm 0,31$ мг/кг, затем по величине на-

копления свинца следовали трубчатые кости – $0,671 \pm 0,042$ и почки – $0,430 \pm 0,101$ мг/кг.

Полученные результаты согласуются с мнением многих авторов, которые считают именно эти органы основными депо накопления свинца (Войнар, 1960; Авцын и др., 1991; Трахтенберг и др., 1994; Бокова, 2000; Бочкарева, 2003).

Витамин D₃ в организме, прежде всего, поступает в печень и там окисляется по 25-углероду. Полученный 25-оксикальциферол током крови транспортируется в почки, где происходит вторичное окисление по первому углеродному атому с образованием 1,25-диоксикальциферола. Этот метаболит запускает механизм синтеза специфического кальцийсвязывающего белка, который обладает высоким сродством к кальцию. Можно предположить, что при повышении концентрации свинца в кишечнике этот элемент распространяется по организму с помощью системы, эволюционно предназначенной для переноса кальция. Благодаря этому и происходит усиление свинцового токсикоза (Грачева, 2009).

Потребление птицей рациона с повышенным содержанием витамина D₃ привело к увеличению содержания кадмия в мышечной и костной тканях. Наибольшим увеличением концентрации было в бедренных мышцах – до $0,024 \pm 0,001$ мг/кг. Во внутренних органах кадмия не обнаружено.

У цыплят, получавших с кормом 1,5 МДУ кадмия, данный элемент был обнаружен во всех органах и тканях. Максимальное его количество содержалось в печени – $0,555 \pm 0,09$ мг/кг, затем по мере убывания концентрации следуют бедренные мышцы – $0,353 \pm 0,068$, почки – $0,158 \pm 0,031$, сердце – $0,118 \pm 0,013$, грудные мышцы – $0,061 \pm 0,004$ мг/кг. В трубчатых и грудных костях концентрация кадмия оказалась самой низкой и была практически одинаковой – $0,042 \pm 0,005$ и $0,044 \pm 0,001$ мг/кг.

Совместное воздействие витамина и кадмия привело

к перераспределению кадмия в организме птицы. Наибольшее его количество было обнаружено в печени и грудных мышцах. В бедренных мышцах его концентрация, напротив, оказалась самой низкой, всего $0,001 \pm 0,0001$ мг/кг. Несмотря на то, что в печени содержание кадмия оказалось самым высоким – $0,336 \pm 0,046$ мг/кг, это значение на 39,5% ниже, чем у цыплят, подвергавшихся интоксикации кадмием. Такое же явление наблюдается и для всех остальных внутренних органов: в почках содержание кадмия снизилось на 51,2%, в сердце – на 39, в трубчатых костях – на 62, в грудных костях – на 61,3%. Самое значительное снижение концентрации кадмия было отмечено в бедренных мышцах – 99%. И только в грудных мышцах произошло увеличение концентрации кадмия на 65,7% (рис.7).

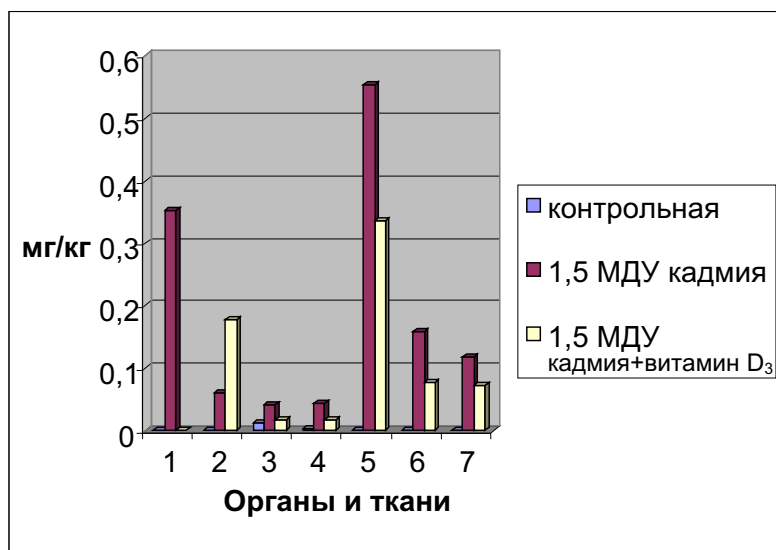


Рис. 7. Содержание кадмия в органах и тканях цыплят-бройлеров под действием витамина D₃

Полученные данные подтверждают мнение других авторов о том, что основным местом отложения кадмия в

организме являются печень и почки и именно эти органы в первую очередь подвергаются токсическому воздействию кадмия. В этих органах до 80% кадмия связано с металло-тioneинами (Тутельян, 1983; Альберт, 1971; Авцын и др., 1991; Козлов, 2001).

На основании полученных результатов можно сделать вывод о детоксицирующем действии витамина D₃ в отношении кадмия. Повышение уровня кадмия в грудных мышцах можно объяснить тем, что под действием витамина D₃ кадмий выводится из внутренних органов и в больших количествах находится в кровотоке, поэтому его концентрация повышается в тех мышцах, где обмен веществ идет наиболее интенсивно.

Совместное воздействие свинца и кадмия в дозах 1,5 МДУ привело к существенному увеличению концентрации свинца во всех органах, за исключением бедренных мышц и сердца, где этот показатель снизился на 55 и 27% соответственно по сравнению с группой цыплят, получавших только свинец. В остальных органах концентрация свинца увеличилась на 50–74,8%.

Распределение кадмия в организме цыплят этой группы также изменилось по сравнению с птицей, получавшей только кадмий.

В мышечной ткани содержание кадмия снизилось практически на 99, в печени – на 50%, а в почках и сердце, наоборот, увеличилось на 27 и 41% соответственно. В трубчатых костях этот показатель практически не изменился, в грудных также увеличился на 15,4%.

Воздействие токсикантов на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D₃ привело к снижению концентрации свинца в мышечной ткани, печени, почках и трубчатых костях. Максимальный уровень снижения зафиксирован в бедренных мышцах – 63%. В остальных органах этот показатель составил от 41 до 57,6 % (рис. 8).

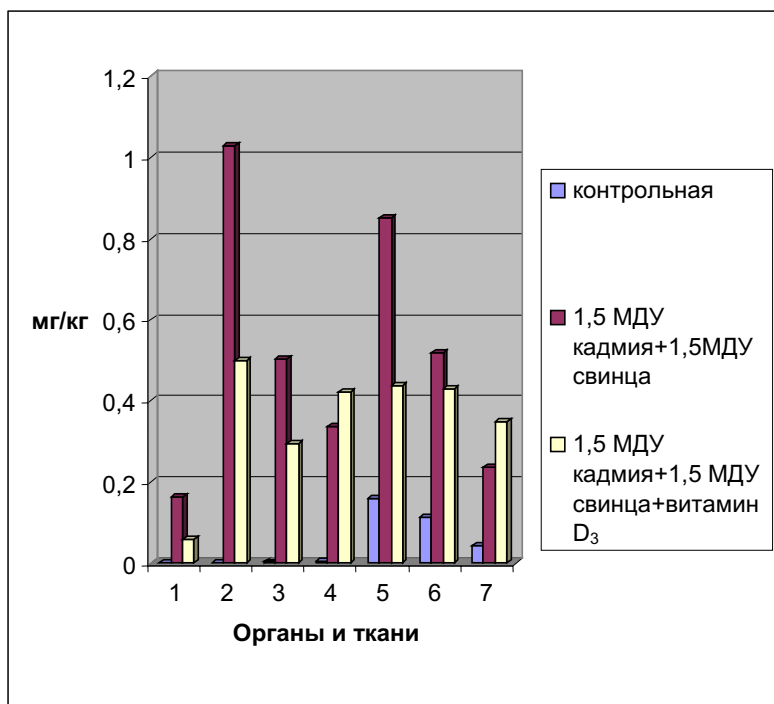


Рис. 8 Содержание свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров при совместном воздействии токсикантов и витамина D₃

В сердце и грудных костях концентрация свинца, наоборот, возросла на 20 и 31,8%.

Влияние витамина при одновременной интоксикации свинцом и кадмием выражается в повышении концентрации кадмия в мышечной ткани на 97 и 99% при одновременном снижении концентрации свинца в этих органах.

Во внутренних органах и трубчатых костях концентрация кадмия снизилась от 15,6 до 56,7 %, в грудных костях этот показатель увеличился на 10 % (рис. 9).

Уменьшение токсического действия свинца кадмием различными авторами объясняется по-разному. По мнению одних, детоксикация связана со способностью кадмия инду-

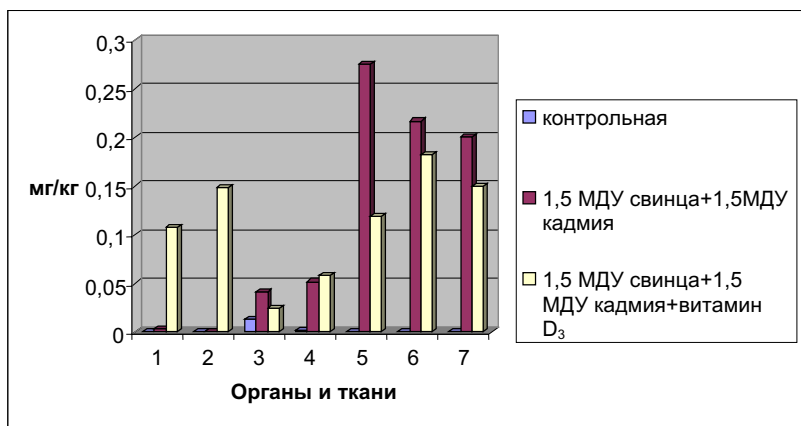


Рис. 9. Содержание кадмия в органах и тканях цыплят-бройлеров при совместном воздействии токсикантов и витамина D₃

цировать синтез металлотионеина, который связывает избыток свинца, чем способствует его детоксикации (Гадаскина, 1988; Воробьева, 1997). Но было установлено, что в малых количествах кадмий приводит к нарушению гидроксилирования витамина D, снижает активность 1,25-дигидрохолекальциферола, приводит к дефициту активной формы данного витамина (Barton et al., 1980), следовательно, процессы транспорта кальция и свинца нарушаются.

В то же время биологической функцией металлотионеинов является их участие в гомеостазе необходимых элементов – меди и цинка. Поэтому кадмий, взаимодействуя с металлотионеином, может нарушать гомеостаз биогенных цинка и меди.

При избытке в организме кадмия происходит обеднение организма медью. Влияние кадмия проявляется на уровне ферментативных процессов. В связи с близостью строения атомов кадмия и цинка и сходством образуемых ими тетраэдрических комплексов кадмий способен замещать цинк в хелатах этого металла.

На основании полученных результатов можно сказать,

что действие повышенной дозы витамина D₃ привело к снижению содержания меди в мышечной ткани цыплят-бройлеров, а в печени этот показатель, наоборот, стал выше на 27%.

Подобная картина наблюдалась и у птицы, подвергавшейся одновременному воздействию витамина и свинца. По сравнению с контрольной группой содержание меди в мышечной ткани снизилось на 71,4 и 42 %.

По содержанию цинка в грудных мышцах цыпленка всех опытных групп не имели достоверных отличий от контрольной.

Для остальных органов и тканей было характерно значительное превышение показателей контрольной группы. Максимальным содержание цинка было в бедренных мышцах цыплят, получавших 1,5 МДУ кадмия на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D.

Можно предположить, что присутствие в рационе тяжелых металлов стимулирует выработку металлопротеинов. Так как медь и цинк устанавливают более прочные связи с этими белками, это привело к усилению накопления цинка в организме птицы.

С точки зрения обеспечения безопасности пищевых продуктов и соблюдения требований СанПиН 2.3.2.1078-2001 полученные результаты свидетельствуют о том, что введение в рацион цыплят-бройлеров тяжелых металлов и повышенной дозы витамина D₃ приводит к аккумуляции токсикантов в органах и тканях птицы в количествах, превышающих допустимые уровни.

Предельно допустимый уровень содержания токсичных элементов в мясе птицы в соответствии с санитарными правилами составляет: свинца – 0,5 мг/кг, кадмия – 0,05, в субпродуктах – 0,6 и 0,3 мг/кг соответственно.

В ходе проведенных исследований было установлено, что в грудных мышцах птицы, подвергавшейся интоксикации свинцом, содержание данного элемента превышает до-

пустимый уровень на 6%, при повышенной дозе витамина D₃ этот показатель также был выше в 2,9 раза.

При совместном воздействии свинца и кадмия в грудных мышцах концентрация свинца была в 2 раза выше предельно допустимого уровня, в печени данный показатель был выше в 1,4 раза.

При интоксикации кадмием его содержание также превышало допустимый уровень в мышечной ткани и печени от 1,2 до 7 раз.

В качестве уточняющих данных определялись некоторые морфологические и биохимические показатели крови. Кровь в той или иной степени отражает процессы, происходящие в организме. Различные вещества обладают биологическим действием на кроветворную систему, тормозя или стимулируя ее.

В наших исследованиях достоверных отличий по содержанию гемоглобина в крови птиц не выявлено, хотя отмечается тенденция к снижению данного показателя у цыплят, подвергавшихся воздействию тяжелых металлов, что согласуется с предыдущими исследованиями (Бокова, 2002; Бочкарева, 2003).

В группах, где цыплята получали с кормом токсиканты, концентрация эритроцитов в крови была ниже, чем у птицы контрольной группы.

То же можно сказать и о содержании лейкоцитов в крови птицы. Токсическое действие тяжелых металлов вызывает лейкопению, при этом изменяется и лейкоцитарная формула крови.

Исследования морфологии крови цыплят-бройлеров показали усиление эритропоэза у птицы, получавшей свинец и свинец совместно с витамином D₃.

У птицы, получавшей кадмий и кадмий на фоне повышенной дозы витамина D₃, была резко выражена регенерация всех клеток крови.

Преобладание в крови птицы, получавшей одновременно оба тяжелых металла и токсиканты совместно с витамином D₃, клеток предшественников и незрелых форм лимфоцитов свидетельствует о мощной стимуляции лимфоцитоза.

Наличие больших лимфоцитов с псевдоподиями у птицы контрольной группы и получавшей свинец совместно с витамином свидетельствует о стимуляции Т- и В-иммунокомпетентных клеток.

Наблюдается тенденция к снижению количества общего белка в крови птиц, получавших в рационе по 1,5 МДУ тяжелых металлов, но при одновременном потреблении токсикантов значение этого показателя достоверно увеличивается – на 55,6%.

Прослеживается тенденция к увеличению содержания общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров, потреблявших рацион с повышенным содержанием витамина D₃.

Следует отметить, что в группах, получавших 1,5 МДУ кадмия и кадмий одновременно с витамином, содержание общего белка было самым низким.

Отмечено высокое содержание мочевины в группах, получавших тяжелые металлы на фоне повышенной дозы витамина D₃, и в группах, подвергавшихся одновременному воздействию тяжелыми металлами и витамином. Данный показатель может свидетельствовать о воздействии тяжелых металлов как на печень, так и на почки, поскольку печень участвует в дезаминировании белков, и в ней образуются мочевая кислота и мочевина, которые затем удаляются из организма, повышение концентрации продуктов распада говорит о нарушении работы этих органов.

Известно, что при интоксикации кадмием поражаются проксимальные отделы почечных канальцев, в результате чего имеет место потеря минеральных элементов костной ткани (Тутельян, 1983; Авцын и др., 1991).

Установлено негативное влияние тяжелых металлов и

на другие биохимические показатели крови. Многими исследователями отмечается ухудшение минерального, углеводного и ферментативного обмена (Бондарчук, 1997; Бочкарева, 2003).

Нами были получены данные о нарушении баланса кальция и фосфора, повышении активности щелочной фосфатазы.

Значительное увеличение активности щелочной фосфатазы было отмечено в группе, получавшей 1,5 МДУ свинца с кормом. Совместное влияние свинца и кадмия привело к снижению активности щелочной фосфатазы.

Повышенное содержание витамина D_3 в рационе при свинцовой интоксикации также снижало активность щелочной фосфатазы.

В ходе проведенных исследований мы получили данные, позволяющие судить о неблагоприятном влиянии тяжелых металлов на организм птицы.

При одинаковой живой массе в начале эксперимента к концу периода выращивания опытные цыплята имели достоверные отличия по данному показателю.

На основании полученных данных можно сделать вывод о незначительном стимулирующем эффекте тяжелых металлов, которые они оказывают в концентрации 1,5 МДУ.

У цыплят, получавших тяжелые металлы на протяжении всего периода выращивания, наблюдалась тенденция к превосходству над цыплятами контрольной группы по живой массе, в возрасте 28 дней и 35 дней они имели достоверные отличия по данному показателю. При забое их живая масса на 4,2 и 6% превышала данный показатель цыплят контрольной группы.

Самой низкой оказалась живая масса цыплят, получавших свинец и витамин D_3 , что свидетельствует об усилении токсического действия данного элемента.

В группах, получавших кадмий, воздействие витамина не оказало влияния на живую массу птицы.

Максимальный среднесуточный прирост также был отмечен в группах, потреблявших кадмий. Минимальный среднесуточный прирост был в группе, потреблявшей одновременно свинец и витамин.

Показатель сохранности поголовья среди опытных групп самым высоким был в группе, получавшей кадмий, – 95,8%, что на 2,2% ниже, чем в контрольной.

В группах, потреблявших свинец и одновременно оба тяжелых металла, показатель сохранности был одинаковым – 87,5%. Повышенное содержание витамина в рационе птицы, получавшей 1,5 МДУ свинца, привело к снижению сохранности птицы до 75%, так же как и в группе, получавшей одновременно свинец и кадмий.

Таким образом, необходимость введения детоксикантов в технологию получения продукции птицеводства обусловлена фоном ксенобиотиков, так как сегодня трудно найти корма и воду, в которых бы отсутствовали антропогенные загрязнители. При формировании рациона птицы необходимо учитывать, как компоненты корма влияют на аккумуляцию токсикантов, поскольку при определенных условиях может происходить усиление аккумуляции тяжелых металлов в продукции птицеводства.

6.2. Природные полисахариды как компоненты экологических продуктов питания

Нерастворимые пищевые волокна выполняют функции энтеросорбентов, связывая токсичные вещества и выводя их из организма (Григорюк и др., 2001; Потневский, 2001).

Химическое строение молекул ПВ определяет их физико-химические свойства, в частности, растворимость, вододерживающую способность, вязкость образуемых ими растворов, способность к гелеобразованию, адсорбционные и ионообменные свойства (Крикова и др., 1990; Лисицын и др., 2002а; Тамова и др., 2002б).

Строение и свойства отдельных видов волокон могут существенно различаться в зависимости от некоторых структурных особенностей, к которым относятся: состав и структура мономерных (моносахаридных) фрагментов, образующих молекулу волокна; степень разветвления молекул; число и вид функциональных групп; тип межмолекулярных связей; степень полимеризации (молекулярная масса); плотность упаковки биополимерных структур.

Растворимые в воде волокна проявляют свойства гидроколлоидов. К ним относятся полисахариды, препараты которых в течение многих лет используются в пищевой промышленности в качестве ПД с технологическими функциями загустителей, стабилизаторов, гелеобразователей.

Метаболические эффекты ПВ широко обсуждаются специалистами в самых разнообразных направлениях пищевой промышленности, медицины и биотехнологии (Браудо, Данилова, 2001 а, б; Кацева и др., 1988; Талабаева, Кадникова, 2001).

Роль пектинов, альгинатов и т.д. в питании человека все более возрастает по мере становления и развития производства продуктов и комплексных рационов питания функционального назначения (Голубев и др., 2000; Козлова и др., 2000; Литвинова и др., 2002а; Ляшенко, Редко, 2001; Bernadette, 2000).

С целью получения экологически безопасной продукции проведена серия экспериментов по приготовлению фаршей с различными добавками, способствующими снижению аккумуляции ТМ в организме млекопитающих.

Пищевые добавки снижают аккумуляцию ТМ в органах и тканях лабораторных животных. Концентрация кадмия снижается на 28,4 – 31, свинца – на 14-21% ($P \leq 0,05 - 0,01$). Таким образом, кадмий ведёт себя как более мобильный элемент (патент РФ №2336719).

Природные полисахариды (пектины, каррагинан, аль-

гинат натрия) в качестве компонента продукта уменьшают аккумуляцию ТМ в органах и тканях лабораторных животных, снижают уровень холестерина в крови и улучшают технологические свойства готового продукта (на основе мяса птицы).

Механизмы реакций с ТМ могут иметь характер ионного обмена по карбоксильным группам с высвобождением ионов водорода и образованием устойчивых солей металлов. С другой стороны, это могут быть реакции с образованием водородных связей с гидратированными ионами ТМ (в нашем случае свинец и кадмий). Могут образовываться координационные связи (Бокова, 2004).

Научный интерес представляют полученные нами экспериментальные данные о влиянии растительных полисахаридов на аккумуляцию свинца и кадмия в организме лабораторных животных. В качестве детоксикантов мы использовали альгинат натрия и композицию каррагинан : камедь. Концентрации полисахаридов были научно обоснованы нами в экспериментах – в лабораторном опыте и дегустационной оценке рыбного полуфабриката с применением полисахаридов в качестве пищевых добавок, улучшающих не только органолептические показатели, но и обладающих протекторными свойствами по отношению к ТМ за счет наличия большого количества функциональных групп (-ОН, -COOH, -SO₃ и др.).

В лабораторных опытах установлено снижение концентрации ионов свинца в растворах при использовании композиции каррагинан : камедь ($P \leq 0,05-0,001$). Наиболее эффективно уменьшение содержания ТЭ происходило с использованием композиции каррагинан : камедь 3:1 в концентрации 0,5% ($P \leq 0,001$) – на 65,33%, наименее – в варианте с использованием 0,1%-го раствора композиции 2:1 – на 15,19% по сравнению с контрольным вариантом (Носенко, 2003).

В варианте каррагинан : камедь 2:1 концентрация ТЭ снижалась максимально на 65,33% ($P \leq 0,05$) при 0,3%-м растворе ПС и на 36,33% ($P \leq 0,01$) с применением 0,5%-й композиции относительно контроля. Использование композиций каррагинана и камеди в соотношении 3:1 снижало концентрацию ионов свинца на 42,96-65,33% ($P \leq 0,01$ -0,001) по сравнению с исходным количеством.

Внесение альгината натрия в концентрации от 0,1 до 0,5% привело к уменьшению остаточного содержания ионов свинца в растворе относительно контрольного варианта. Так, при использовании 0,1%-го раствора альгината натрия происходило снижение концентрации ТЭ на 15,18% ($P \leq 0,05$), применение 0,3%-го раствора ПС уменьшало содержание свинца на 30,89 ($P \leq 0,01$), а варианта с 0,5%-м альгинатом натрия – на 58,12% ($P \leq 0,01$).

Между опытными вариантами также наблюдались достоверные отличия. Применение 0,5%-го раствора альгината натрия по сравнению с 0,1 и 0,3%-ми концентрациями ПС максимально снижало содержание ионов свинца – на 39,39-50,62% ($P \leq 0,01$).

В соотношении 1:1 композиции каррагинан : камедь с увеличением концентрации добавки с 0,1 до 0,5% происходило снижение содержания ионов кадмия относительно контрольного варианта на 13,79-31,03% ($P \leq 0,01$). В варианте композиции 2:1 максимальное уменьшение ТЭ наблюдалось с применением 0,1%-го раствора ПС (на 37,93%), а минимальное при 0,3% – на 12,64% ($P \leq 0,01$). Использование композиции 3:1 показало примерно одинаковый результат – содержание ионов кадмия уменьшилось на 26,44-29,89% ($P \leq 0,01$).

Применение альгината натрия в концентрации 0,1% показало уменьшение содержания ионов кадмия на 17,24%, 0,3% – на 21,84, и 0,5% – на 24,14% ($P \leq 0,01$). Причем использование 0,5%-го альгината натрия снижало содержание кадмия на 8,08% по сравнению с концентрацией полисахарида 0,1% ($P \leq 0,01$).

Таким образом, в опытах *in vitro* установлено, что растительные полисахариды достоверно снижают концентрацию свинца и кадмия в растворах ($P \leq 0,05-0,001$). Выявлены наиболее эффективные концентрации полисахаридов для максимального уменьшения содержания ТЭ – 0,5%-я композиция каррагинан: камедь в соотношении 3:1 и 0,5%-й раствор альгината натрия.

Взяв за основу классическую рецептуру рыбного фарша (Безуглова и др., 2004), мы разработали рецептуру рыбного полуфабриката из судака и горбуши с изучаемыми нами ПС и провели дегустационную оценку полученных котлет.

Результаты дегустации показали, что наибольшее количество баллов набрали котлеты с концентрацией альгината натрия 0,5% (47,71 балла котлеты из судака и 43,58 – из горбуши) и 0,5% для композиции каррагинан : камедь в соотношении 3:1 (43,58 балла котлеты из судака и 45,14 – из горбуши). Контрольные варианты (без ПД) набрали по 44,69 (судак) и 44,85 баллов (горбуша).

В фарше котлет, набравших наибольшее количество баллов, была определена ВСС методом прессования (Антипова и др., 2001). Установлено, что массовая доля связанной влаги к массе фарша в опытных вариантах полуфабриката увеличивается на 1,82-4,08% в продукте из судака и на 5,19-5,67 – из горбуши ($P \leq 0,05$) относительно полуфабриката без использования полисахаридов как пищевых добавок.

С использованием альгината натрия и композиции каррагинан : камедь в качестве пищевых добавок возрастает массовая доля связанной влаги к общей влаге на 4,30-4,58% ($P \leq 0,05$) в полуфабрикате из судака и на 3,18-3,38 – в фарше из горбуши по сравнению с фаршем, приготовленным по основной рецептуре.

Таким образом, установлено, что при применении растительных полисахаридов как структурообразователей выход продукции увеличивается до 6,00%. Кроме того, кар-

рагинан и альгинат натрия – морского происхождения, и специфичный рыбный привкус этих ПД не ухудшал органолептические свойства полуфабрикатов.

В природе живой организм и продукты животного происхождения не получают токсичные элементы по отдельности, поэтому, проанализировав данные, полученные после проведения экспериментов, мы пришли к выводу, что для детоксикации ионов свинца и кадмия наиболее оптимальной концентрацией природных полисахаридов является 0,5% как для альгината натрия, так и композиции каррагинан : камедь в соотношении 3:1. Поэтому, эмпирически установив наиболее эффективные дозировки детоксикантов, мы провели исследования на лабораторных животных по следующей схеме: контрольная группа – основной рацион (ОР) + рыбный фарш (РФ); 1-я опытная группа – ОР + РФ с 2,0 мг Pb на 1 кг и 0,4 мг Cd на 1 кг (ТМ); 2-я опытная группа – ОР+ РФ с ТМ и 0,5 %-й композицией каррагинан: камедь в соотношении 3:1; 3-я опытная группа – ОР+ РФ с ТМ и 0,5% альгината натрия.

По мнению некоторых ученых (Авцын и др., 1991; Маринец, 1998; Смоляков, 2006), свинец и кадмий необходимы живому организму для его нормального функционирования. Возможно, поэтому среднесуточный прирост после первого взвешивания у 1-й опытной группы крыс был в 1,53 раза больше, чем у животных контрольной группы, а после второго он увеличился в 2,53 раза по сравнению с предыдущими данными, но выровнялся с контрольным значением.

Следующее определение живой массы и подсчет среднесуточного прироста у животных опытных групп показал, что этот показатель снизился в 2,26-5,34 раза относительно контрольной группы ($P \geq 0,05$). Эти данные согласуются с результатами, полученными в опытах А.В. Смолякова и Л.А. Рабинович (Рабинович, 1999).

Среднесуточный прирост живой массы крыс во время проведения всего опыта был 4,02-4,65 г/сут, средняя масса лабораторных животных к концу эксперимента установлена на одном уровне и колебалась в пределах от 272,50 г в 1-й опытной группе грызунов до 282,25 г в остальных ($P \geq 0,05$).

Согласно литературным данным, следствием свинцовой и кадмиевой интоксикации является изменение массы внутренних органов животных (Андрианова, 2001, 2003).

Установлена тенденция к увеличению размеров органов в 1-й опытной группе, получавшей повышенные содержания свинца и кадмия, и тенденция к снижению массы органов во 2-й и 3-й опытных группах крыс, которым скармливали детоксиканты, относительно грызунов 1-й опытной группы (рис. 10).

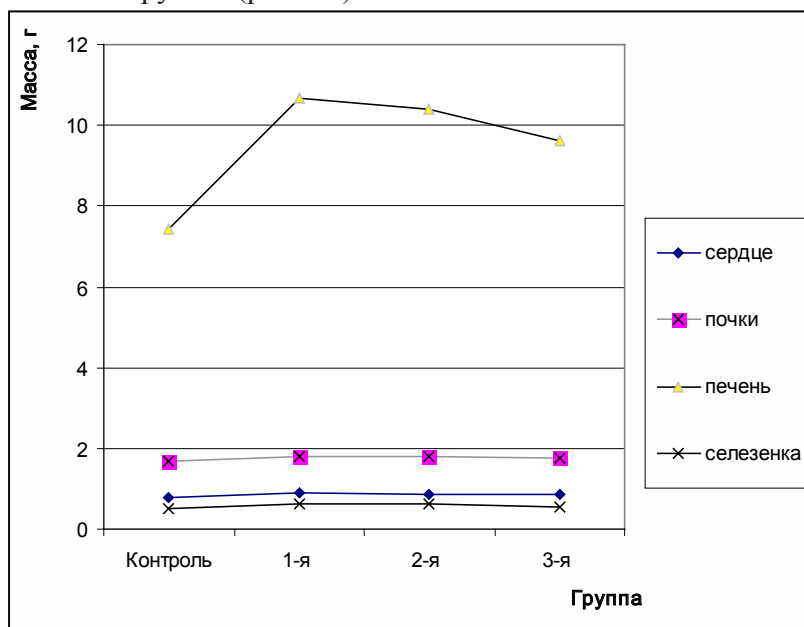


Рис. 10. Масса внутренних органов крыс

Установлено, что масса сердца крыс 1, 2 и 3-й опытных групп увеличилась относительно контрольной группы

в 1,15; 1,10 и 1,11 раза соответственно. Объяснить это можно тем, что снижение содержания гемоглобина в их крови вызвало уменьшение снабжения органов кислородом, из-за чего орган был вынужден сокращаться чаще.

Относительно контроля в 1-й опытной группе крыс под действием повышенных концентраций свинца и кадмия произошло увеличение массы почек на 6,36%, что согласуется с данными, полученными в других исследованиях (Донченко, Надыкта, 2001; Смоляков, 2006). У животных 2-й и 3-й опытных групп по сравнению с контролем масса почек увеличилась на 4,51-5,63%.

У животных опытных групп, подвергавшихся свинцовой и кадмиевой интоксикации, произошло увеличение массы печени на 22,88-30,27% по сравнению с контрольной группой. На крысах 2-й и 3-й опытных групп альгинат натрия и композиция каррагинан : камедь проявили свое анти-токсичное действие, и изменение размера органа произошло в меньшей степени.

В результате анализа полученных данных было установлено, что на фоне применения композиции каррагинан: камедь в качестве детоксиканта содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных снижалось на 20,3-57,96% относительно 1-й опытной группы крыс, получавших повышенные содержания свинца и кадмия. При этом концентрация металла в сердце и селезенке крыс, которым скармливали детоксикант, достоверно не отличалась от контроля ($P \leq 0,01$) (рис. 11).

Использование альгината натрия уменьшило концентрацию свинца в органах и тканях крыс на 16,83-62,42% по сравнению с животными 1-й опытной группы. По отношению к свинцу этот детоксикант показал себя эффективнее, чем композиция полисахаридов – содержание токсиканта в сердце, печени и селезенке животных 4-й опытной группы достоверно не отличалось от контроля ($P \leq 0,01$).

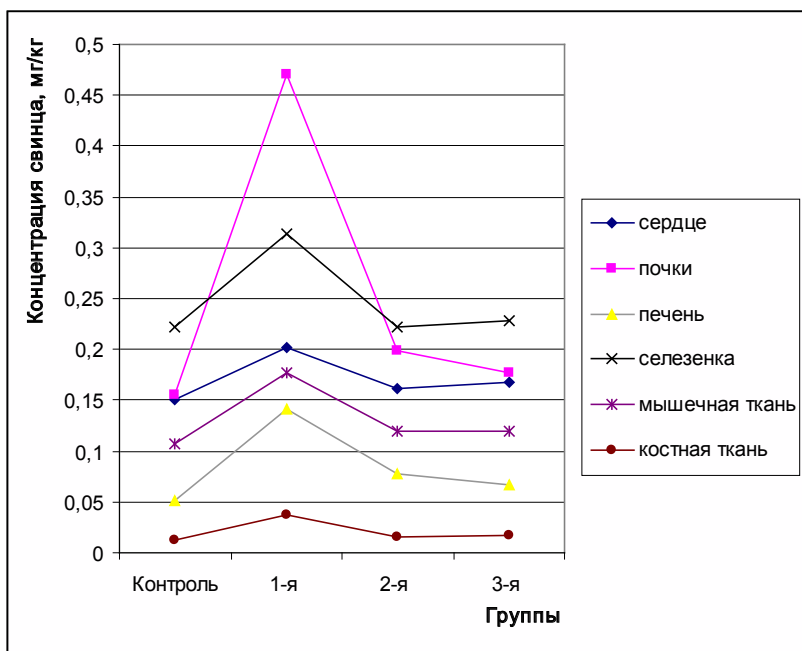


Рис. 11. Содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных

Применение в качестве детоксиканта 0,5%-й композиции каррагинан : камедь в соотношении 3:1 снижало концентрацию кадмия в органах и тканях лабораторных животных на 26,94-74,16% относительно крыс 1-й опытной группы, нормализуя содержание металла в сердце, почках, селезенке и костной ткани ($P \leq 0,01$) (рис. 12).

По сравнению с композицией полисахаридов альгинат натрия как детоксикант снижал концентрацию кадмия в организме животных менее эффективно. Относительно 1-й опытной группы уменьшение его содержания в органах и тканях крыс составило 14,61-66,39%. В почках, печени и селезенке грызунов вследствие действия каррагинана и камеди наблюдалось снижение концентрации кадмия до его значений в контрольной группе ($P \leq 0,05-0,01$).

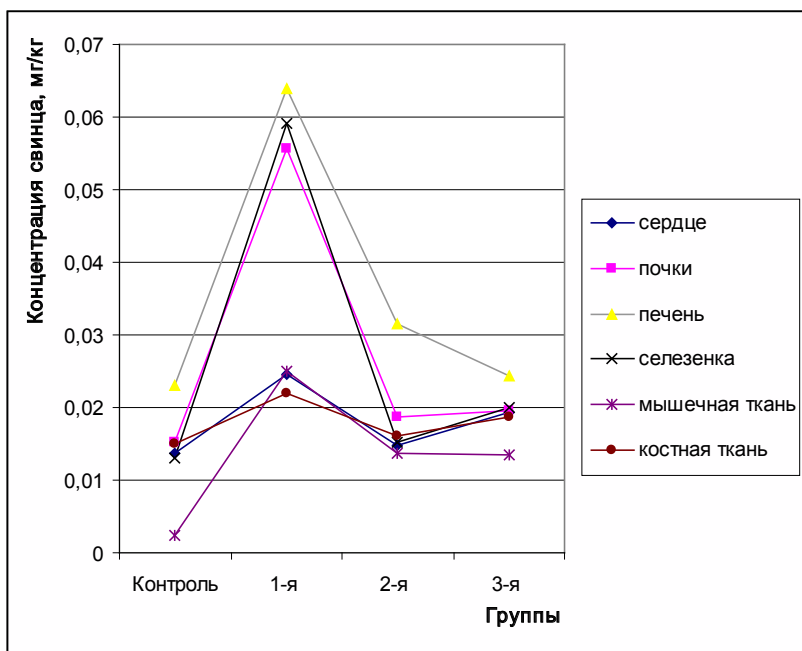


Рис. 12. Содержание кадмия в органах и тканях лабораторных животных

Для получения более четкой картины о влиянии детоксикантов на детоксикацию свинца и кадмия были изучены морфобиохимические показатели крови животных.

Снижение уровня гемоглобина в крови является одним из симптомов анемии и накопления солей ТМ в организме (Лифшиц, Сидельникова, 2002; Смоляков, 2006). У животных опытных групп наблюдалась гипохромия – уменьшение содержания гемоглобина в крови – на 53,2 ($P \leq 0,01$); 26,4 и 21,3% ($P \geq 0,05$) в 1, 2 и 3-й опытных группах соответственно. Однако на фоне применения детоксикантов во 2-й и 3-й опытных группах крыс концентрация гемоглобина увеличилась на 57,3-68,2% относительно 1-й опытной группы, получавшей только повышенные концентрации ТЭ ($P \leq 0,05$).

Известно, что резкое снижение белка в крови проис-

ходит за счет уменьшения его синтеза, в том числе альбуминов. Понижение синтеза белка является показателем интоксикации организма, болезней печени, почек (Гольдберг, 1989; Лифшиц, Сидельникова 2002; Холод, Ермолаев, 1988).

Содержание общего белка в сыворотке крови крыс в 1-й опытной группе, получавшей высокие дозы ТМ, снизилось по сравнению с контролем на 15,2% ($P \leq 0,05$). Во 2-й и 3-й опытных группах животных, которым скармливали растительные полисахариды в качестве детоксикантов, концентрация белка уменьшилась на 3,3 и 9,9% соответственно и достоверно не отличалась от контроля ($P \geq 0,05$).

Резкое снижение активности щелочной фосфатазы в 1-й опытной группе свидетельствует о нарушении функции печени, почек (Васильева, 1982; Гольдберг и др., 1973). Применение альгината натрия в качестве детоксиканта восстановило этот показатель до контрольного значения, увеличив его относительно отрицательного контроля на 31,61% и смягчив токсичное действие свинца и кадмия ($P \leq 0,01$).

Произошло резкое снижение концентрации глюкозы в сыворотке крови в 1-й и 2-й опытной группах (на 56,4 и 31,8% соответственно, $P \leq 0,01$). У крыс 2-й и 3-й опытных групп содержание глюкозы увеличилось в 1,56-2,04 раза ($P \geq 0,05$) относительно животных 1-й опытной группы.

Снижение концентрации глюкозы в 1-й опытной группе животных с одновременным увеличением концентрации фосфора в сыворотке крови свидетельствует о нарушении функции печени, воспалительный процесс в которой подтверждается тенденцией к увеличению ее массы (Ветеринарный ..., 1981; Гольдберг, 1989; Лифшиц, Сидельникова, 2002).

Снижение кальция в сыворотке крови свидетельствует о нарушении кислотно-щелочного равновесия, развитии нефрита и цирроза печени, недостаточности витамина D, повышении содержания фосфатов (Ветеринарный ..., 1981; Холод, Ермолаев, 1988). Содержание кальция в сыво-

ротке крыс 1-й опытной группы крыс снизилось на 13,3% ($P \leq 0,05$). Вследствие действия детоксикантов у лабораторных животных 2-й и 3-й опытных групп его концентрация восстановилась до значения контрольной группы ($P \geq 0,05$).

Изменилась концентрация фосфора в сыворотке крови крыс. Наблюдалось увеличение этого показателя у животных 1-й опытной группы по сравнению с контрольной на 19,4% и его уменьшение во 2-й и 3-й опытных группах крыс на 44,5 и 38,9% соответственно ($P \leq 0,01$).

Таким образом, видно изменение основных биохимических показателей сыворотки крови крыс, подвергавшихся хронической интоксикации свинцом и кадмием, и их частичная нормализация в опытных группах, где использовали природные полисахариды как детоксиканты. На основании анализа результатов исследований можно сказать, что у лабораторных животных опытных групп наблюдалось поражение почек, печени, нарушение фосфорно-кальциевого обмена, кислотно-щелочного равновесия, а у животных 1-й опытной группы – гиперфункция сердечной мышцы (Васильева, 1982; Гольдберг, 1989; Лифшиц, Сидельникова, 2002). Однако применение альгината натрия и композиции каррагинан: камедь в качестве детоксикантов смягчило токсикологическое действие ТМ – на фоне свинцовой и кадмиевой интоксикации происходило частичное восстановление функций внутренних органов.

Таким образом, в результате проведенных исследований была доказана целесообразность применения 0,5%-го альгината натрия и 0,5%-й композиции каррагинан: камедь в соотношении 3:1 в качестве детоксикантов на фоне свинцовой и кадмиевой интоксикации с целью получения экологичного сырья животного происхождения (патент РФ №2375913).

6.3. Использование плодово-ягодных гомогенатов при создании продуктов функционального назначения

Нами получены экспериментальные данные о влиянии облепихового и яблочного гомогенатов на аккумуляцию свинца и кадмия в организме лабораторных животных. Концентрации гомогенатов были научно обоснованы в опытах *in vitro*. На основе плодово-ягодных гомогенатов были выработаны мясные полуфабрикаты и проведена их органолептическая оценка (Желтышева, 2009).

Установлена закономерность уменьшения содержания ионов свинца при использовании облепихового и яблочного гомогенатов различной концентрации. Причем с увеличением концентрации гомогенатов концентрация ионов свинца в растворах уменьшалась ($P \geq 0,99 - 0,999$).

При использовании 3% облепихового гомогената остаточная концентрация ионов свинца уменьшилась на 40,1% ($P \geq 0,99$), а при использовании 6% – на 64,9% ($P \geq 0,999$). Яблочный гомогенат (3%) снизил концентрацию остаточных ионов свинца на 29,9%, а 6% гомогената – на 49% по сравнению с контрольным вариантом ($P \geq 0,99$).

Использование добавки 6% гомогенатов с целью снижения концентрации ионов свинца в 1,5 раза эффективнее, чем 3%. Однако следует отметить, что наиболее эффективным оказался облепиховый гомогенат концентрации 6%, его детоксикационные свойства проявились в 1,3 раза сильнее, чем у яблочного гомогената той же концентрации.

В ходе эксперимента было установлено уменьшение концентрации ионов кадмия при использовании облепихового и яблочного гомогенатов различной концентрации ($P \geq 0,99$). При использовании 3% облепихового гомогената остаточная концентрация ионов кадмия уменьшилась на 74,4%, а при использовании 6% – на 81,2%. Таким образом, использование 6% облепихового гомогената с целью снижения концентрации ионов кадмия эффективнее, чем 3%.

Что касается яблочного гомогената, то остаточная концентрация ионов кадмия уменьшилась на 72,3% (концентрация гомогената 3%), а при использовании 6% – на 75,5%. Исходя из полученных результатов, увеличение концентрации яблочного гомогената несущественно влияет на снижение концентрации остаточных ионов кадмия.

При изучении остаточных концентраций ионов кадмия наиболее значимые результаты показал облепиховый гомогенат концентрации 6%.

По литературным данным, ранет содержит большее количество пектиновых веществ, чем облепиха, однако именно облепиховый гомогенат показал наиболее эффективные результаты. Это объясняется тем, что при измельчении ягод облепихи дополнительно высвобождаются биологически активные вещества из семени облепихи, являющиеся ценным источником пектиновых веществ. Высокое содержание в ягодах облепихи флавоноидов также обеспечивает детоксикационный эффект (Золотарева, 1999, 2004).

Таким образом, экспериментально было выявлено, что 6% плодово-ягодных гомогенатов более эффективно снижают концентрацию свинца и кадмия в опытах *in vitro*. Поэтому в физиологическом опыте именно эти концентрации облепихового и яблочного гомогенатов использовались в качестве детоксикантов. Из окружающей среды, а также с пищевыми продуктами кадмий и свинец не поступают по отдельности, как правило, в организм поступают оба этих элемента, только в разных концентрациях. Поэтому в опыте на крысах мы исследовали совместное влияние этих двух металлов на физиологические и биохимические показатели лабораторных животных.

Свинец конкурирует с кальцием за участки связывания на эритроцитах и инсулине, кадмий снижает содержание в крови Fe, Ca, P, из-за чего тормозится рост костей (Биологическое ..., 1999; Авцын и др., 1991; Spencer, 1995; Barton et al., 1980).

Третье взвешивание показало, что среднесуточный прирост в контрольной группе уменьшился на 5,8% по сравнению с предыдущим взвешиванием, а в группе, получавшей токсичные элементы, увеличился на 13,2%. Возможно, это подтверждает мнение некоторых ученых о том, что свинец является эссенциальным микроэлементом. При назначении диеты с недостаточным его содержанием отмечались отставание в росте и развитии экспериментальных животных, нарушения обмена железа (Shils et al., 1994; Кузубова, 1990).

Во 2-й и 3-й опытных группах, получавших плодовые гомогенаты, среднесуточный прирост снизился по сравнению со вторым взвешиванием на 4,2 и 5,6% соответственно. У животных контрольной и 1-й опытной групп величина среднесуточного прироста оказалась одинаковой и составила 5,82 г. В группах, в рацион которых входили облепиховый и яблочный гомогенаты, прирост оказался ниже на 1,9 и 6,7% соответственно.

В последнем взвешивании величина среднесуточных приростов контрольной и 1-й опытной групп значительно снизилась по сравнению с предыдущим взвешиванием – в 2,8 и 4,6 раза соответственно.

У крыс 2-й и 3-й опытных групп также отмечалось уменьшение приростов в 2,6 и 2,5 раза соответственно (по сравнению с третьим взвешиванием). В четвертом взвешивании прирост животных группы, получавшей ОР+ТМ, был меньше на 68,8% по отношению к контролю. У крыс, в рацион которых входил облепиховый гомогенат, среднесуточный прирост увеличился на 74,4% относительно 1-й опытной группы. Животные, питавшиеся с добавлением яблочного гомогената, также показали увеличение прироста на 76,8% по сравнению с 1-й опытной группой.

Среднесуточный прирост на протяжении всего опыта колебался в пределах 1,25-6,18 г/сут. Анализ средних по среднесуточному приросту живой массы показал, что ток-

сичные элементы уменьшают его на 15,5% ($P \geq 0,99$). В сравнении с 1-й опытной группой облепиховый гомогенат нормализует массу животных на 13,5 ($P \geq 0,99$), а яблочный – на 9,6 % ($P \geq 0,95$).

По окончании физиологического опыта была определена масса внутренних органов лабораторных животных (рис.13).

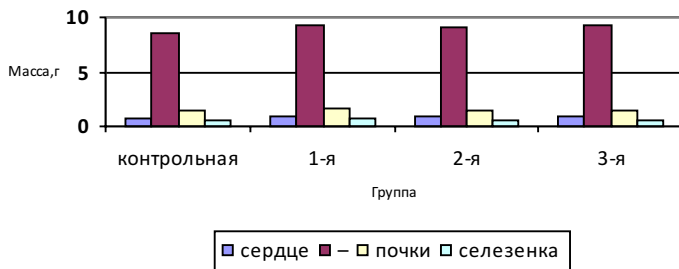


Рис. 13. Масса внутренних органов крыс

Полученные данные показывают, что масса сердца лабораторных животных 1, 2 и 3-й опытных групп увеличилась по сравнению с крысами контрольной группы. Наибольшее увеличение органа отмечалось в 1-й опытной группе – в 1,12 раза по отношению к контролю. Сердце, функционируя как насос, обеспечивает движение крови в системе кровообращения. При поступлении в организм тяжелых металлов происходит усиление кровотока, результатом чего является увеличение органа (Западнюк и др., 1983). Достоверных отличий между опытными группами не наблюдалось, однако можно отметить, что масса сердца во 2-й и 3-й опытных группах, получавших детоксиканты, была меньше на 6,1-5,6% соответственно (относительно 1-й опытной группы).

Печень снабжает различные ткани источниками метаболической энергии (глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты); удаляет из крови продукты метаболизма других тканей; детоксицирует биологически активные вещества, такие как гормоны, лекарственные вещества, токсические амины, другие яды (Зайцев, Конопатов, 2004). Под воздействием

повышенных концентраций свинца и кадмия произошло увеличение массы печени крыс на 7,8% ($P \geq 0,95$) относительно контрольной группы. Однако во 2-й и 3-й опытных группах, в которых крысы получали детоксикант, масса органа снизилась на 2,8 и 0,5% соответственно. Увеличение массы печени свидетельствует о патологическом процессе. Полученные данные согласуются с результатами других исследований (Носенко, 2007).

Почки регулируют водно-электролитный обмен, кислотно-основное равновесие, выведение из организма конечных продуктов метаболизма, осмотическое давление. Свинец и кадмий при поступлении в организм откладываются в органах выделения и приводят к нефропатии (Хмельницкий, 1990; Зайцев, Конопатов, 2004). Отмечается тенденция к увеличению массы почек в группе, подвергавшейся свинцовой и кадмиевой интоксикации, на 12% по сравнению с контролем. Увеличение массы почек крыс согласуется с данными других исследований (Смоляков, 2006). В группах, получавших облепиховый и яблочный гомогенаты, наблюдается тенденция к уменьшению массы органа на 3,4-8,2% относительно 1-й опытной группы.

Селезенка выполняет иммунологическую, фильтрационную и кроветворную функции, принимает участие в обмене веществ, в частности железа и белка (Большая ..., 1984). У крыс 1-й опытной группы наблюдалась тенденция к увеличению массы селезенки на 17,1% относительно животных контрольной группы. Во 2-й и 3-й опытных группах отмечалась тенденция к снижению массы селезенки на 14,5 и 11,8% соответственно (по сравнению с 1-й опытной группой).

Полученные результаты показали, что достоверных изменений по массе внутренних органов почти не произошло (достоверно изменялась только масса печени крыс), хотя в литературных источниках имеется информация об изменениях массы внутренних органов (Андрианова, 2001, 2003).

В 1-й опытной группе отмечалась тенденция к увеличению массы внутренних органов под воздействием повышенных концентраций свинца и кадмия. Однако в опытных группах, где скармливали плодово-ягодные гомогенаты, отмечалась тенденция к снижению массы органов крыс по сравнению с группой, получавшей тяжелые металлы без детоксиканта.

При скармливании животным повышенных доз свинца и кадмия наблюдалось снижение концентрации глюкозы в сыворотке крови на 74,78% ($P \geq 0,99$) по сравнению с контрольной группой. Гипогликемический синдром может развиваться при различных видах интоксикаций, а также при печеночной и почечной недостаточности (Лифшиц, Сидельникова, 2002). У крыс, получавших гомогенаты (2-я и 3-я опытные группы) наблюдалось увеличение содержания глюкозы на 52,24 ($P \geq 0,99$) и 41,36 % ($P \geq 0,99$) соответственно по отношению к 1-й опытной группе.

В количественном отношении кальций является главенствующим минералом организма животного, основным элементом костной ткани (98%). Он необходим для процессов свертывания крови, сокращения сердечной мышцы, для передачи нервных импульсов, для секреции гормонов и активации ферментов (Зайцев, Конопатов, 2004). Содержание кальция в сыворотке крови лабораторных животных 1-й опытной группы уменьшилось на 34,17% ($P \geq 0,99$) по сравнению с контрольной, что объясняется процессом нарушения функции печени и почек. За счет действия детоксикантов в сыворотке крови животных 2-й и 3-й опытных групп отмечалось повышение концентрации кальция на 25,63 ($P \geq 0,99$) и 22,11% ($P \geq 0,99$) соответственно.

В 1-й опытной группе содержание фосфора уменьшилось относительно контрольной на 37,50% ($P \geq 0,99$). Во 2-й и 3-й опытных группах было замечено увеличение концентрации фосфора на 27,88 ($P \geq 0,99$) и 25,48% ($P \geq 0,99$) соответственно (по сравнению с 1-й опытной группой). Кадмий

в организме человека снижает содержание в крови железа, кальция, фосфора, из-за чего тормозится рост костей (Биологическое ..., 1999).

Белок крови выполняет транспортную функцию, поддерживает осмотическое давление и pH крови. У животных 1-й опытной группы при интоксикации токсичными элементами наблюдалось снижение концентрации общего белка на 12,76% ($P \geq 0,99$). При скармливании животным облепихового гомогената концентрация белка восстановилась до значения белка крыс контрольной группы, а при добавлении в рацион яблочного гомогената она увеличилась на 6,39% ($P \geq 0,95$) относительно животных 1-й опытной группы. Снижение общего белка крови объяснимо тем, что ионы свинца и кадмия образуют прочные комплексы с аминокислотами и другими биомолекулами, содержащими концевые тиогруппы (HS-) (Большая ..., 1981; Ершов, Плетнева, 1989).

У животных опытных групп наблюдалась анемия – понижение содержания гемоглобина в крови – в 2,6 раза ($P \geq 0,99$) у крыс 1-й опытной группы (кадмий угнетает обмен железа в организме). Свинец вызывает также нарушения ферментативных реакций, участвующих в синтезе гемоглобина (Бокова, 2004; Кузубова и др., 2000). У крыс 2-й и 3-й опытных групп отмечалось повышение содержания гемоглобина в 2,2 ($P \geq 0,99$) и 1,9 раза ($P \geq 0,99$) соответственно по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Физиологическая роль щелочной фосфатазы сводится к участию в кальцификации тканей, минерализации костной ткани (Клиническая ..., 2004). Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови животных под действием токсичных элементов уменьшилась в 2 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с контрольной. У крыс 2-й и 3-й опытных групп содержание щелочной фосфатазы увеличилось в 2,2 ($P \geq 0,99$) и 1,9 раза ($P \geq 0,99$) соответственно относительно животных 1-й опытной группы, получавших только повышенные концентрации токсичных элементов. Снижение активности щелоч-

ной фосфатазы в крови отмечено при выраженной анемии (Лифшиц, Сидельникова, 2002).

Были получены данные по эффективности применяемых детоксикантов. При воздействии повышенных доз свинца и кадмия облепиховый гомогенат снизил содержание свинца в органах и тканях крыс в 1,75-3 раза относительно группы, получавшей тяжелые металлы без детоксиканта, а яблочный – в 1,8-3 раза по сравнению с 1-й опытной группой (рис. 14).

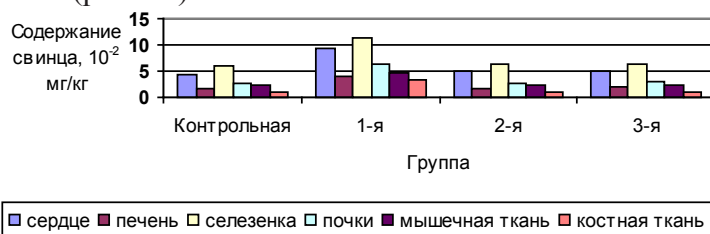


Рис. 14. Содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных

На фоне интоксикации лабораторных животных свинцом и кадмием были получены результаты по остаточным концентрациям ионов кадмия при использовании плодоягодных детоксикантов. Так, облепиховый гомогенат снизил содержание кадмия в органах и тканях крыс в 2-3,6, а яблочный – в 1,7-3,6 раза относительно крыс 1-й опытной группы (рис. 15).

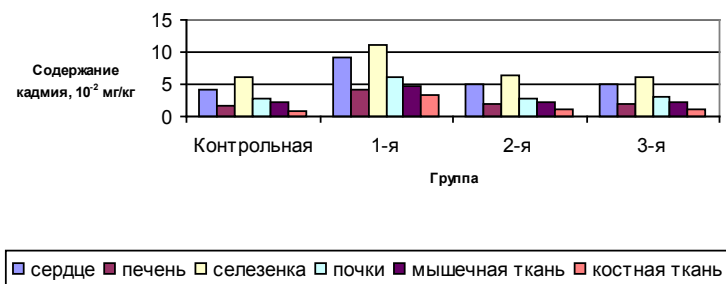


Рис. 15. Содержание кадмия в органах и тканях лабораторных животных

По результатам физиологического опыта, оба гомогената проявили высокие детоксикационные способности по отношению к ионам свинца и кадмия, однако небольшое превосходство имел облепиховый гомогенат (судя по остаточным концентрациям ионов свинца в печени и почках, а также по остаточным концентрациям ионов кадмия в костной и мышечной ткани крыс).

После проведения физиологического опыта были разработаны мясные полуфабрикаты из разных видов мяса (говядина, свинина, конина по отдельности) с добавлением облепихового, яблочного и яблочно-облепихового гомогенатов. Концентрация гомогенатов была 6%, как и в предыдущих опытах, тем более что такая концентрация позволяет не нарушать технологических особенностей получаемого продукта (Инербаева и др., 2009).

Была проведена балльная оценка полученных полуфабрикатов, результаты представлены в табл. 48.

Варианты, набравшие общий балл в пределах 100-80, соответствуют качественной характеристике «отлично», 79-60 – «хорошо», 59-50 – «удовлетворительно». Таким образом, по дегустационной оценке наибольшее число баллов набрали котлеты из свинины + 6% яблочно-облепихового гомогената; котлеты из конины + 6% яблочного гомогената; котлеты из конины + 6% яблочно-облепихового гомогената; котлеты из свинины; котлеты из свинины + 6% облепихового гомогената. Менее предпочтительными оказались варианты из говядины, ни один из вариантов полуфабрикатов из говядины не набрал более 79 баллов.

После проведения анализа данных дегустационных листов выяснилось, что, по органолептической оценке дегустаторов, в котлеты из конины целесообразнее добавлять яблочно-облепиховый гомогенат, в котлеты из свинины – облепиховый, а из говядины – яблочный. Данные сочетания были выявлены исходя из вкусовых особенностей каждого

Таблица 48

Балльная оценка котлет из говядины, свинины и конины

Вариант	Внешний вид	Цвет	Запах, аромат	Консистенция	Вкус	Сочность	Итого
1	28,88	3,39	6,56	13,34	21,33	3,50	77,00
2	28,00	3,28	6,67	14,22	20,01	3,61	75,79
3	30,68	3,72	7,56	14,44	21,33	3,72	81,45
4	30,68	3,56	7,67	14,22	23,01	3,84	82,98
5	31,56	3,95	7,78	15,12	23,67	3,72	85,80
6	31,56	3,84	8,44	15,34	24,00	3,95	87,13
7	28,00	3,67	7,11	14,44	21,00	3,61	77,83
8	29,76	3,61	7,22	14,44	21,99	3,56	80,58
9	27,12	3,45	6,78	13,34	20,34	3,39	74,42
10	25,76	3,00	6,33	13,34	17,34	3,00	68,77
11	27,12	3,39	6,89	14,00	21,00	3,50	75,90
12	26,68	3,34	6,44	12,66	17,67	3,28	70,07

Примечание. Котлеты: 1 – из конины; 2 – из конины + 6% облепихового гомогената; 3 – из конины + 6% яблочного гомогената; 4 – из конины + 6% яблочно-облепихового гомогената; 5 – из свинины; 6 – из свинины + 6% облепихового гомогената; 7 – из свинины + 6% яблочного гомогената; 8 – из свинины + 6% яблочно-облепихового гомогената; 9 – из говядины; 10 – из говядины + 6% облепихового гомогената; 11 – из говядины + 6% яблочного гомогената; 12 – из говядины + 6% яблочно-облепихового гомогената.

вида мяса в совокупности с гомогенатами, при этом согласованность экспертных оценок достаточно высокая – 0,72-0,82.

Получены экспериментальные данные о влиянии мясного полуфабриката из говядины с гомогенатами на организм крыс. Возможно, это подтверждает мнение некоторых ученых о том, что свинец является эссенциальным микроэлементом. При назначении диеты с недостаточным его содержанием отмечались отставание в росте и развитии экспериментальных животных, нарушения обмена железа (Shils, 1994; Кузубова, 1990).

Третье взвешивание показало, что среднесуточный прирост у крыс контрольной группы увеличился в 2 раза по

сравнению с предыдущим взвешиванием, а в группе, получавшей токсичные элементы, среднесуточный прирост животных уменьшился в 1,4 раза, т. е. наблюдается замедление роста под воздействием тяжелых металлов. Данные согласуются с первым физиологическим опытом.

У крыс 2-й и 3-й опытных групп, получавших МФ + яблочный гомогенат, среднесуточный прирост снизился по сравнению со вторым взвешиванием на 22,8 и 40% соответственно. У животных 1-й опытной группы величина среднесуточного прироста оказалась ниже в 2,25 раза относительно крыс интактной группы. У животных, в рацион которых входили МФ + облепиховый и яблочный гомогенаты, прирост оказался выше на 22,6 (2-я группа); 15 (3-я группа) и 98% (4-я группа) по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

В четвертом взвешивании величина среднесуточных приростов животных контрольной и 1-й опытной групп незначительно снизилась по сравнению с предыдущим взвешиванием – на 27 и 2% соответственно.

У крыс 2-й и 3-й опытных групп отмечалось увеличение приростов на 37,4 и 48,8% соответственно (по сравнению с третьим взвешиванием). Облепиховый и яблочный гомогенаты содержат комплекс витаминов и биологически активных веществ, которые способствуют не только детоксикации токсичных элементов, но также увеличению приростов. У животных, получавших МФ + облепиховый гомогенат, наблюдалось небольшое снижение приростов – на 4,8%. В четвертом взвешивании прирост животных группы (ОР+МФ+ТМ) был меньше на 67% по отношению к контролю. У крыс, в рацион которых входил МФ + яблочный гомогенат (6 и 10%), среднесуточный прирост увеличился на 72-75% относительно животных 1-й опытной группы. Животные, получавшие МФ + облепиховый гомогенат, также показали увеличение прироста на 92% по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

Пятое взвешивание показало, что среднесуточный прирост крыс контрольной группы снизился на 19% по сравнению с предыдущим взвешиванием, а у животных, получавших свинец и кадмий, повысился на 42,7%.

У крыс 2, 3 и 4-й опытных групп, получавших гомогенаты, среднесуточный прирост снизился по сравнению с четвертым взвешиванием на 24,4; 27,2 и 40,4% соответственно. У животных 1-й опытной группы величина среднесуточного прироста оказалась незначительно выше относительно крыс интактной группы (на 5,4%). У животных, в рацион которых входили МФ + облепиховый и яблочный гомогенаты, прирост был ниже на 8,8 (2-я группа); 10,8 (3-я группа) и 19,6% (4-я группа) по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

Рассматривая полученные результаты, мы провели анализ средних по среднесуточному приросту живой массы. Он показал, что наблюдается тенденция к уменьшению среднесуточного прироста живой массы крыс токсичными элементами на 22,8%. В сравнении с 1-й опытной группой яблочный гомогенат нормализует массу животных на 19 (концентрация 6%) и 16,4 (концентрация 10%), а облепиховый гомогенат – на 20,6%. Достоверных изменений по величине среднесуточных приростов не наблюдалось, скорее всего, это связано с непродолжительностью опыта.

По окончании физиологического опыта была определена масса внутренних органов лабораторных животных (рис. 16).

По окончании физиологического опыта была определена масса внутренних органов лабораторных животных.

Проведенные исследования показали, что достоверных изменений по массе внутренних органов почти не произошло (достоверно изменялись только масса сердца и печени крыс). Полученные данные согласуются с первым физиологическим опытом.

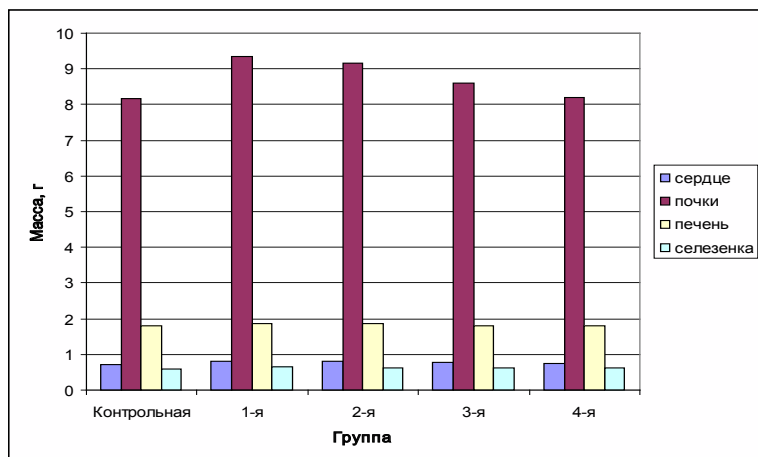


Рис. 16. Масса внутренних органов крыс

Масса сердца лабораторных животных 1-4-й опытных групп увеличилась по сравнению с контрольной. Наибольшее увеличение органа отмечалось у крыс 1-й опытной группы – на 11,8% ($P \geq 0,99$) по отношению к крысам контрольной группы. При поступлении в организм тяжелых металлов происходит усиление кровотока, результатом чего является увеличение органа (Западнюк и др., 1983). Достоверных отличий между животными опытных групп не наблюдалось, однако можно отметить, что масса сердца крыс 2, 3 и 4-й опытных групп, получавших детоксиканты, была меньше на 1,7; 2,1 и 8,3% соответственно (относительно животных 1-й опытной группы).

Под воздействием повышенных концентраций свинца и кадмия произошло увеличение массы печени крыс на 12,7% ($P \geq 0,95$) относительно животных контрольной группы. Однако во 2-й и 3-й опытных группах, в которых крысы получали МФ + яблочный гомогенат, отмечалась тенденция к снижению массы печени на 1,7 и 7,9% соответственно. У животных, получавших МФ + облепиховый гомогенат, наблюдалось достоверное уменьшение массы печени – на 12,2% по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

При скормливании животным повышенных доз свинца и кадмия отмечено снижение концентрации глюкозы в сыворотке крови крыс на 74,1% ($P \geq 0,99$) по сравнению с животными контрольной группы. Гипогликемический синдром может развиваться при различных видах интоксикаций, а также при печеночной и почечной недостаточности (Лифшиц, Сидельникова, 2002). У крыс же, получавших гомогенаты (2, 3 и 4-я опытные группы) наблюдалось увеличение содержания глюкозы на 37,1 ($P \geq 0,95$), на 43,9 ($P \geq 0,99$) и 56% ($P \geq 0,99$) соответственно по отношению к животным 1-й опытной группы.

Содержание кальция в сыворотке крови лабораторных животных 1-й опытной группы увеличилось на 43,1% ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами контрольной группы. Это объясняется тем, что свинец конкурирует с кальцием за участки связывания, вытесняя его из костной и других тканей (Биологическое ..., 1999). Эти данные не согласуются с первым физиологическим опытом, скорее всего, из-за увеличения концентрации ТМ. За счет действия детоксикантов в сыворотке крови животных 2, 3 и 4-й опытных групп отмечалось снижение концентрации кальция на 19,7 ($P \geq 0,99$), 31,7 ($P \geq 0,99$) и 33,6% ($P \geq 0,99$) соответственно.

У животных 1-й опытной группы содержание фосфора увеличилось относительно крыс контрольной группы на 43,2% ($P \geq 0,99$). У животных, получавших детоксиканты, было замечено уменьшение концентрации фосфора в крови на 20,3% во 2-й группе ($P \geq 0,99$), на 33,3 ($P \geq 0,99$) – в 3-й, а в 4-й – на 35,8% ($P \geq 0,99$) по сравнению с крысами 1-й опытной группы.

Белок крови выполняет транспортную функцию, поддерживает осмотическое давление и рН крови. У животных при интоксикации токсичными элементами наблюдалось снижение концентрации общего белка на 22,2% ($P \geq 0,99$). Снижение общего белка крови объяснимо тем, что ионы

свинца и кадмия образуют прочные комплексы с аминокислотами и другими биомолекулами, содержащими концевые тиогруппы (HS-) (Большая ..., 1981; Ершов, Плетнева, 1989). При скармливании животным облепихового гомогената концентрация белка в крови приблизилась к значению крыс интактной группы на 19,4% ($P \geq 0,99$), а при добавлении в рацион яблочного гомогената в объеме 6 и 10% обций белок крови крыс увеличился на 12 ($P \geq 0,95$) и 15,7% ($P \geq 0,99$) соответственно относительно животных 1-й опытной группы.

При повышенных концентрациях свинца и кадмия у животных наблюдалась анемия – понижение содержания гемоглобина в крови в 2,2 раза ($P \geq 0,99$). Это объясняется тем, что кадмий угнетает обмен железа в организме, а свинец вызывает нарушения ферментативных реакций, участвующих в синтезе гемоглобина (Бокова, 2004; Кузубова и др., 2000). У крыс 2, 3 и 4-й опытных групп отмечалось повышение содержания гемоглобина в 1,6 ($P \geq 0,99$); 1,98 ($P \geq 0,99$) и 2 раза ($P \geq 0,99$) соответственно по сравнению с животными 1-й опытной группы.

Физиологическая роль щелочной фосфатазы сводится к участию в кальцификации тканей, минерализации костной ткани (Клиническая ..., 2004). Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови животных под действием токсичных элементов уменьшилась в 1,7 раза ($P \geq 0,99$) по сравнению с сывороткой крыс контрольной группы. У животных 2-й опытной группы произошло увеличение щелочной фосфатазы на 34,2 ($P \geq 0,99$), а у крыс 3-й и 4-й опытных групп – на 52 ($P \geq 0,99$) и 58,9% ($P \geq 0,99$) соответственно относительно животных 1-й опытной группы. Снижение активности щелочной фосфатазы в крови отмечено при выраженной анемии (Лифшиц, Сидельникова, 2002).

Анализ полученных данных показал, что в ходе опыта произошли негативные изменения биохимических показате-

лей крови лабораторных животных вследствие интоксикации организма крыс токсичными элементами. За счет увеличения концентрации ТМ, поступающих в организм крыс, некоторые показатели отличались от данных, полученных в первом физиологическом опыте. Плодово-ягодные гомогенаты в той или иной степени проявили свои детоксикационные свойства, нормализуя массу животных и показатели крови.

Были получены данные по эффективности полученных мясных полуфабрикатов в качестве детоксикантов. Под воздействием повышенных доз свинца и кадмия мясной полуфабрикат с 6% яблочного гомогената снизил содержание свинца в органах и тканях крыс в 1,19-1,7 раза относительно группы, получавшей тяжелые металлы без детоксиканта, а мясной полуфабрикат с 10% яблочного гомогената – в 1,7-3,5 раза. Мясной полуфабрикат с 10% облепихового гомогената снизил концентрацию свинца в 1,97-3,5 раза по сравнению с органами крыс 1-й опытной группы (рис. 17).

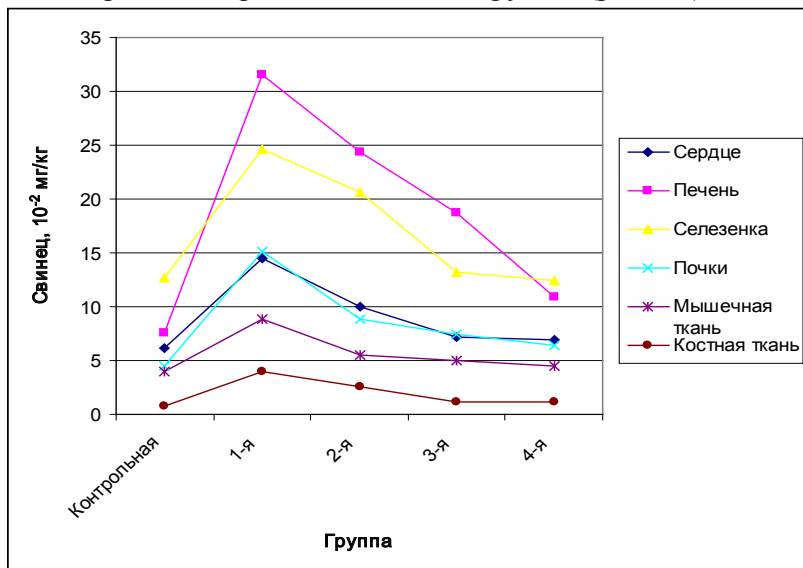


Рис. 17. Содержание свинца в органах и тканях лабораторных животных

На фоне интоксикации лабораторных животных свинцом и кадмием были получены результаты по остаточным концентрациям ионов кадмия при использовании мясных полуфабрикатов в качестве детоксикантов (рис. 18).

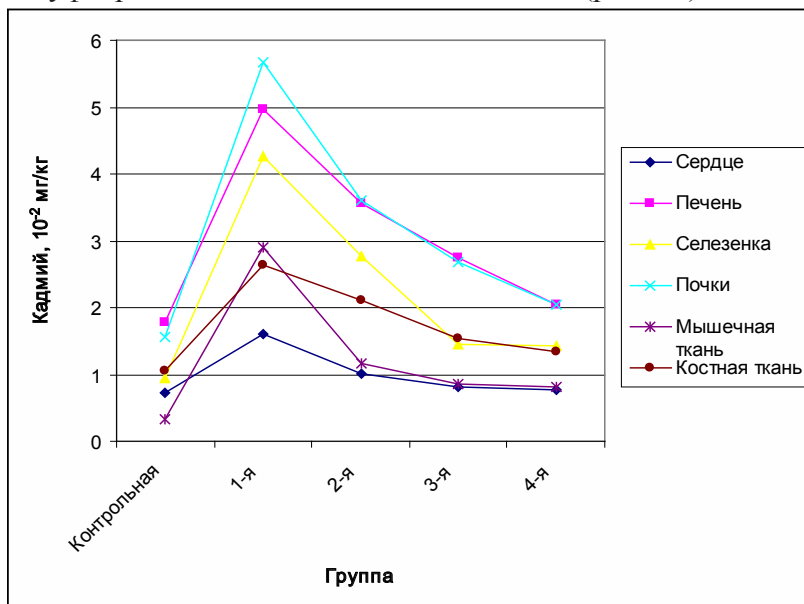


Рис. 18. Содержание кадмия в органах и тканях лабораторных животных

Так, мясной полуфабрикат с 6% яблочного гомогената снизил содержание кадмия в органах и тканях крыс в 1,25-2,5 раза, а с 10% – в 1,7-3,4 раза относительно органов крыс 1-й опытной группы. Мясной полуфабрикат с 10% облепихового гомогената снизил содержание кадмия в органах и тканях крыс в 2-3,55 раза относительно крыс, получавших ТМ без детоксиканта.

По результатам физиологического опыта все мясные полуфабрикаты на основе гомогенатов проявили свои детоксикационные способности по отношению к ионам свинца и кадмия, однако наиболее эффективными оказались мясные полуфабрикаты с добавлением 10% плодово-ягодных гомогенатов.

Таким образом, по результатам проведенных исследований была доказана целесообразность применения облепихового и яблочного гомогенатов для производства продукции лечебно-профилактического назначения на фоне интоксикации свинцом и кадмием (патент РФ № 2391876).

Для получения экологически безопасной продукции птицеводства в неблагоприятных по содержанию ТМ районах необходимо добавлять в рацион цыплят-бройлеров селенит натрия в дозе 1 МДУ на 1 кг корма. Это способствует нормализации обменных процессов птицы, улучшению гематологических показателей, снижению содержания свинца на 44-74, кадмия – на 25-60%. Увеличивается прирост живой массы птицы на 11-18%, возрастает ее сохранность на 15-20%.

Введение в рацион 1,5 МДУ свинца на фоне повышенной дозы витамина D₃ вызвало усиление его аккумуляции во всех органах, кроме печени. Максимально концентрация возросла в трубчатых костях – в 167 раз ($P \leq 0,01$). В почках и сердце значение этого показателя возросло в 3,7-7,8 раза ($P \leq 0,01$). У птицы, подвергавшейся интоксикации кадмием, концентрация этого элемента многократно увеличилась в грудных мышцах, печени, почках и сердце ($P \leq 0,01$).

При одновременном воздействии токсикантов и витамина D₃ содержание свинца в бедренных мышцах снизилось в 3,3 раза ($P \leq 0,01$), а в остальных органах и тканях увеличилось в 2,2 – 73 раза ($P \leq 0,01$). Концентрация кадмия при этом также повысилась ($P \leq 0,01$).

Воздействие свинца на фоне рациона с повышенным содержанием витамина D₃ отразилось на содержании меди в организме цыплят-бройлеров. В печени этот показатель снизился на 32,9 % по сравнению с птицей контрольной

группы ($P \leq 0,01$). В сердце и почках содержание меди было достоверно выше, чем у птицы контрольной группы, – на 19,8 и 34,2 % соответственно ($P \leq 0,01$), концентрация цинка также увеличилась в бедренных мышцах и печени в 2,8 и 1,9 раза ($P \leq 0,01$).

Воздействие кадмия на фоне повышенной дозы витамина D₃ привело к увеличению концентрации меди в грудных мышцах на 74,5, в печени – на 18,75% ($P \leq 0,01$), увеличению концентрации цинка в бедренных мышцах в 4 раза и снижению в сердце в 2,1 раза.

У птицы, получавшей одновременно оба токсиканта, достоверные отличия по содержанию меди были выявлены в сердце и почках – на 21,9 и 72 % выше, чем в контрольной группе, и бедренных мышцах – на 98 % ниже контрольных показателей ($P \leq 0,01$). Содержание цинка также снизилось в бедренных мышцах в 7,1 и в сердце в 1,9 раза ($P \leq 0,01$).

Природные полисахариды (пектины, каррагинан, альгинат натрия) в качестве компонента продукта уменьшают аккумуляцию ТМ в органах и тканях лабораторных животных, снижают уровень холестерина в крови и улучшают технологические свойства готового продукта (на основе мяса птицы).

Растительные полисахариды снижают концентрацию свинца на 15,80-65,33 ($P \leq 0,05-0,001$), кадмия – на 13,79-37,90% ($P \leq 0,05-0,001$) в растворах в опыте *in vitro*. Выявлены наиболее эффективные концентрации полисахаридов для максимального уменьшения содержания токсичных элементов – 0,5%-я композиция каррагинан: камедь в соотношении 3:1 и 0,5%-й раствор альгината натрия.

Оптимальной концентрацией внесения полисахаридов являются дозировки 0,5% для альгината натрия и 0,5% для композиции каррагинан : камедь в соотношении 3:1. Органолептическая оценка котлет из горбуши и судака с различными полисахаридами показала, что полуфабрикаты с

альгинатом натрия набрали 47,71 (судак) и 43,58 балла (горбуша), с композицией каррагинан : камедь – 43,58 (судак) и 45,14 (горбуша). Контрольные варианты (без пищевых добавок) набрали по 44,69 (судак) и 44,85 балла (горбуша).

Установлено, что облепиховый и яблочный гомогенаты снижают концентрацию свинца на 29,9-64,9 ($P \geq 0,99-0,999$), кадмия – на 72,3-81,2% ($P \geq 0,99$) *in vitro*. При этом использование 6% гомогената с целью снижения концентрации тяжелых металлов в 1,5 раза эффективнее, чем 3%.

В результате органолептической оценки полуфабрикатов установлено, что в котлеты из конины целесообразнее добавлять яблочно-облепиховый гомогенат (общий балл 82,98), в котлеты из свинины – облепиховый (общий балл 87,13), а из говядины – яблочный (общий балл 75,90).

При скормливании лабораторным животным мясного полуфабриката с добавлением 6% яблочного гомогената в организме крыс снижалась концентрация ионов свинца в 0,95-1,7 ($P \geq 0,95-0,99$), ионов кадмия – в 1,25-2,5 раза ($P \geq 0,99$). При добавлении в рацион крыс мясного полуфабриката с 10% яблочного гомогената наблюдалось снижение содержания ионов свинца в 1,7-3,5 ($P \geq 0,99$), кадмия – в 1,7-3,4 раза ($P \geq 0,99$). При поступлении в организм животных мясного полуфабриката с добавлением 10% облепихового гомогената отмечалось снижение концентрации ионов свинца в органах и тканях крыс в 1,97-3,5 ($P \geq 0,99$), ионов кадмия – в 2-3,55 раза ($P \geq 0,99$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хозяйственная и производственная деятельность человека по мере своего развития и совершенствования постепенно привела к усилению антропогенного воздействия на природную среду и отдельные ее компоненты. С развитием индустриализации количество выбросов в различные объекты окружающей среды металлов-микроэлементов увеличилось.

Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.) содержатся во всех компонентах биосферы. Живые организмы – как растительные, так и животные – на протяжении длительной эволюции адаптировались к природной концентрации этих элементов, активно их поглощают и содержат в своих тканях и органах. Загрязнение воздуха, природных вод, почв отрицательно действует на биоту и создает опасность для человека. Поэтому и свинец, и кадмий являются металлами, контролируемыми во многих государствах в качестве приоритетных загрязнителей.

Избыточное поступление тяжелых металлов в организм животных нарушает процессы метаболизма, тормозит рост и развитие. В сельском хозяйстве это выражается в снижении выхода продукции и ухудшении её качества. Одним из звеньев в производстве экологически безопасной продукции является предотвращение перехода токсикантов из кормов в организм животного и продукцию животноводства.

Сельское хозяйство с целью обеспечения производства качественной продукции требует разработки новых теоретических подходов и практических рекомендаций по созданию оптимальных соотношений между регулированием состояния природной среды и уровнем антропогенного воздействия.

В этой связи мы изучили влияние витамина D_3 на аккумуляцию свинца и кадмия в организме цыплят-бройлеров. Исследования выявили, что совместное воздействие свинца и кадмия на фоне повышенного содержания витамина D_3 в

рационе приводит к усилению аккумуляции токсикантов в различных органах и тканях птицы, а также оказывает влияние на баланс меди и цинка в организме цыплят.

Детоксикантами являются растительные полисахариды, обладающие большим количеством функциональных групп ($-OH$, $-SO_3$, $-COOH$ и др.), способных связывать тяжелые металлы и выводить из организма, поскольку они являются природными ионообменниками. Они относятся к пищевым добавкам и объявлены комитетом ФАО/ВОЗ абсолютно безопасными.

Нами были испытаны различные концентрации альгината натрия и композиции каррагинан : камедь. В результате исследований было установлено достоверное снижение содержание свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных с использованием альгината натрия в концентрации 0,5% и 0,5%-й композиции каррагинан: камедь в соотношении 3:1 при добавлении к основному рациону животных.

Такое же содержание полисахаридов оказалось наиболее оптимальным в производстве рыбного полуфабриката с органолептической точки зрения.

В результате исследований рекомендуем использование яблочного, облепихового, яблочно-облепихового гомогенатов, приготовленных на установке МАГ-50, при производстве мясных полуфабрикатов в концентрациях 6-10%.

В районах, неблагополучных по содержанию свинца и кадмия в окружающей среде, необходимо добавлять в рацион животных 6-10% облепихового либо яблочного гомогенатов. При этом наблюдается улучшение биохимических показателей сыворотки крови крыс, а также снижение концентрации ионов свинца и кадмия в органах и тканях животных.

Проведённый анализ литературных данных и собственных исследований на предмет препаратов, ограничивающих подвижность ТМ в изучаемой системе, позволил разработать системную классификацию детоксикантов.

Книга посвящена разработке экологически безопасных технологий, основанных на использовании сырья с новыми свойствами и приёмов, обеспечивающих снижение отрицательного воздействия на стабильность экосистемы «пища – человек – окружающая среда».

Социальный эффект выполненной работы определяется расширением функциональных продуктов питания, обладающих лечебно-профилактическими свойствами, промышленное производство и потребление которых будет способствовать улучшению здоровья населения.

Результаты исследований рекомендуется использовать в пищевой промышленности, медицине и в учебном процессе при подготовке технологов продуктов животного происхождения, ветеринарных врачей, экологов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абдрашитова С.А.* Микробная трансформация неорганических ионов в природных экосистемах. – Алма-Ата, 2002. – С. 135-146

2. *Абрамова Т.Н.* Источники поступления тяжелых металлов и их воздействие на агроэкосистемы/ Т.Н. Абрамова, В.К. Кузнецов, Н.И. Исамов // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. – Семипалатинск, 2002. –Т.2. – С. 413-416

3. *Аверьянова Н.И.* Применение энтеросорбентов в комплексе реабилитационной терапии детей, проживающих в экологически неблагоприятных районах Пермской области // Проблемы сорбционной детоксикации. – Новосибирск, 1995. – С. 7-9 .

4. *Авцын А. П.* Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш – М.: Медицина, 1991. – 496 с.

5. *Азизов М.Н.* О некоторых соединениях биологически активных веществ с микроэлементами. – Ташкент, 1958. – 230 с.

6. *Алейников И.Н.* Новый подход к производству пектина / И.Н. Алейников и др. // Пищ. пром-сть. – 2000. – №1. – С. 59.

7. *Альберт Э.* Избирательная токсичность. – М.: Мир, 1971. – 431 с.

8. *Аминина Н.М.* Перспективы использования бурых водорослей в лечебно-профилактическом питании/ Н.М. Аминина, Т.И. Вишневская // Пища. Экология. Человек: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 41-42.

9. *Андрианова Т.Г.* Морфологические изменения в органах крыс при поступлении в организм соединений свинца и кадмия// Пища. Экология. Человек: материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: МГУПБ, 2003. – С. 238-240.

10. *Андрианова Т.Г.* Морфологические изменения в пече-

ни и почках цыплят-бройлеров при интоксикации соединениями свинца и кадмия // Пища. Экология. Человек: материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 333.

11. *Андрушайте Р.Е.* Отложение свинца в организме цыплят-бройлеров в зависимости от обеспеченности витамином D / Р.Е. Андрушайте, В.К. Бауман, А.Р. Вальдман// Бюл. эксперимент. биологии и медицины. – 1982. – № 2. – С. 30-32.

12. *Андрушайте Р. Е.* Действие некоторых пищевых факторов на ассимиляцию свинца в организме цыплят // Микроэлементы в СССР. –Рига: Зинатне, 1986. – Вып. 27. – С. 92-96.

13. *Антипова Л.В.* Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – С. 202-265.

14. *Арбаков К.А.* Облепиха в Бурятии / К.А. Арбаков и др.; Бурят. плод.-ягод. опыт. станция. – Улан-Удэ, 1998. – 140 с.

15. *Арет В.А.* Добавки как регуляторы консистенции молочных продуктов/ В.А. Арет, П.В. Орлов, Ф.В. Пеленко// Пищевые ингредиенты. – 2002. –№2. – С. 78-79.

16. *Арсеньева Т.П.* Основные вещества для обогащения продуктов питания/ Т.П. Арсеньева, И.В. Баранова// Пищ. пром-сть. – 2007. – №1. – С. 6-7.

17. *Баев А.К.* Пищевая химия: учеб.-метод. пособие / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – Минск, 2003. – С. 103-104, 184-185.

18. *Байцур И.* Влияние минерального сорбента на рост утят// Птицеводство. –2000. – №6. – С. 30-32.

19. *Бакулина О.Н.* Галактоманнаны: аспекты использования// Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. –2000. – №1. – С. 20-21.

20. *Баранников В.Д.* Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. – М.: Колос, 2005. – С. 3-7, 148-155, 171-249.

21. *Барышников И.И.* Тяжелые металлы в окружающей среде – проблема экологической токсикологии/ И.И. Барышников, В.И. Барышников // Экологическая химия. –1997. – №2. – С.102-106.

22. *Бауман В.К.* Роль витамина D в абсорбции кальция в тонком кишечнике цыплят. – Рига: Зинатне, 1971. – С. 85-96.
23. *Бгатов В. И.* Природные сорбенты и животный мир/ Бгатов, А. В. Бгатов // Проблемы сорбционной детоксикации. – Новосибирск, 1995. – С. 25-28.
24. *Безвредность* пищевых продуктов /под ред. Г.Р. Робердса. – М.: Агропромиздат, 1986. – 287 с.
25. *Безуглова А.В.* Технология производства паштетов и фаршей / А.В. Безуглова, К.И. Касьянов, И.А. Палагина. – Ростов-н/Д: МарТ, 2004. – С.94-106, 115.
26. *Бекасова О.Д.* Автотрофные микроорганизмы/ О.Д. Бекасова, В.В. Никандров // Материалы междунар. науч. конф. – М., 2000. – С. 19-20.
27. *Белых А.М.* Сырьевые ресурсы облепихи Сибири и перспективы их эффективного использования в садоводстве // Пища. Экология. Качество: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИПТИП. – Новосибирск, 2001. – С. 49-50.
28. *Берзинь Н.И.* Взаимодействие витамина А и цинка в организме цыплят: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Рига, 1976. – 17 с.
29. *Берзинь Н.И.* Роль витамина А в ассимиляции и обмене цинка в организме животных: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Рига, 1990. – 22 с.
30. *Биологическое* и токсическое действие химических элементов и их неорганических соединений на организм человека: учеб. пособие / под ред. канд. хим. наук Т.И. Рыбкиной; НИРХТУ им. Д.И. Менделеева. – Новомосковск, 1999, – 96 с.
31. *Биренбаум А.М.* О взаимоотношениях между некоторыми микроэлементами: Mg, Co, Cu, Mo и аскорбиновой кислотой: автореф. дис. ... канд. биол.наук. – Ростов-н/Д, 1966. – 22 с.
32. *Бобренева И.В.* К вопросу о функциональных продуктах питания// Мясная индустрия. – 2002. – №11. –С. 12-14

33. *Бобренева И.В.* К вопросу о создании лечебно-профилактических продуктов питания// Мясная индустрия. – 2003а. – №1. – С. 16-19.

34. *Бобренева И.В.* Рекомендации по внесению биологически активных добавок в рецептуры функциональных продуктов питания// Мясная индустрия. – 2003б. – №5. – С. 27-29.

35. *Богданов В.Д.* Обоснование технологии продуктов с регулируемой структурой при комплексной переработке гидробионтов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1995. – 45 с.

36. *Богданов В.Д.* Структурообразователи и рыбные композиции / В.Д. Богданов, Т.М. Сафронова. – М.: ВНИРО, 1993. – С. 5-58.

37. *Богомазов М.Я.* Сравнительное изучение биологической доступности кормового и минерального кадмия/ М.Я. Богомазов// Вопросы питания. – 1985. – № 2. – С. 56.

38. *Бойко Н. А.* Новые витаминно-минеральные комплексы для птиц/ Н. А.Бойко, О. В.Мерзленко, Н. В. Картамышева // Зоотехния. – 1996. – №2. – С. 15-18.

39. *Бокова Т.И.* Влияние различных детоксикантов на остаточное содержание свинца в органах и тканях цыплят-бройлеров: автореф. дис ... канд. биол. наук. – Томск, 2000. – 22 с.

40. *Бокова Т.И.* Перспективы получения экологически безопасной продукции с использованием детоксикантов / Пища. Экология. Качество: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2002. – С. 306-308.

41. *Бокова Т.И.* Эффективность использования природных полисахаридов в мясоперерабатывающей промышленности/ Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8.

42. *Бокова Т.И.* Эколого-технологические аспекты поведения тяжелых металлов в системе почва–растение–животное–продукт питания человека: монография / Т.И. Бокова; РАСХН. Сиб. отд-ние. ГНУ СибНИПТИП.– Новосибирск, 2004. – 206 с.

43. *Бокова Т.И.* Закономерности детоксикации антропогенных загрязнителей (тяжелых металлов) в системе почва – растение – животное – продукт питания человека: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 2005. – 31 с.

44. *Бокова Т.И.* Влияние селенсодержащих препаратов на аккумуляцию некоторых тяжелых металлов в организме животных / Т.И. Бокова, И.И. Бочкарева, К.Я. Мотовилов // Достижения зоотехнической науки и практики – основа развития производства продукции животноводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2005. – С. 277-281.

45. *Болдырев Ю.* Полезная штука БАД и другие добавки, но этнографическая безопасность – важнее // Питание и общество. – 2000. – №11. – С.18.

46. *Большая медицинская энциклопедия:* в 30 т. /гл. ред. Б.В. Петровский.– 3-е изд. – М.: Сов. энцикл., 1981.– Т. 16: МУЗЕИ–НИЛ. – 512 с.

47. *Большая медицинская энциклопедия:* в 30 т. /гл. ред. Б.В. Петровский. – 3-е изд. – М.: Сов. энцикл, 1984.– Т.23: САХАРОЗА – СОСУДИСТЫЙ ТОНУС. – 544 с.

48. *Бондаренко Л.Б.* Сравнительное изучение биологической активности витамина D₃, 1α25-диоксивитамина D₃ и 3/β-фторвитамина D₃: автореф. дис ... канд. биол. наук. – Киев, 1991. – 18 с.

49. *Бондарчук Д.Н.* Влияние уровня потребления тяжелых металлов на состав и качество продукции птицеводства: автореф. дис. ... канд. с. - х. наук. – Новосибирск, 1997. – 24 с.

50. *Бородин Ю.Л.* О функциональном взаимодействии сорбирующих веществ с лимфатическими структурами // Проблемы сорбционной детоксикации. – Новосибирск, 1995. – С. 3-7.

51. *Бочкарева И.И.* Антропогенные загрязнители – свинец и кадмий – в организме птицы и детоксикация их препаратами селена: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2003. – 17 с.

52. *Бочкарева И.И.* Серосодержащие препараты для детоксикации тяжелых металлов в организме птицы / И.И. Бочкарева, С.В. Станкевич, К.Я. Мотовилов, Т.И. Бокова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2007. – №12. – С. 40-46.

53. *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.

54. *Братан Л.* Влияние ингредиентов растительного сырья на способность пектинов связывать кадмий / Л. Братан, Н.С. Краснова, П.И. Бульмага // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – №1. – С. 23-25.

55. *Братан Л.* Исследование связывания свинца пектинами различных типов в присутствии растительных полифенолов / Л. Братан, И. Краснова, А. Даналаки // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – №1. – С. 38-39.

56. *Браудо Е.Е.* Термодинамический подход к выбору полиуронидных комплексообразователей для защиты организма человека от токсичных ионов металлов/ Е.Е. Браудо, И.В. Данилова // Вопросы питания. –2001а. – №1. – С. 41-45.

57. *Браудо Е.Е.* Термодинамический подход к выбору полиуронидных комплексообразователей для защиты организма человека от токсичных ионов металлов/ Е.Е. Браудо, И.В. Данилова // Вопросы питания. –2001б. – №2. – С. 39-41.

58. *Брюхова Е.Н.* Исследование влияния полисахаридов различного происхождения на гелеобразующие свойства препарата каррагинан/ Е.Н. Брюхова, Д.Б. Светлаков // Пища. Экология. Человек: материалы 5-й Междунар. конф. – М.: МГУПБ, 2003. – С. 132-133.

59. *Бугаец Н.А.* Функциональные пищевые продукты, их лечебное и профилактическое действие/ Н.А. Бугаец, Е.В. Барашкина, Е.С. Франченко, М.Ю. Тамова и др.// Изв. вузов. Пищевая технология. – 2004. – №2-3. – С. 48-51.

60. *Булдаков А.С.* Пищевые добавки: справ. – СПб.: Ut, 1996. – 240 с.

61. БСЭ. Химия/ гл. ред. И.Л. Кнунянц. – М., 1998. – С. 27, 247.

62. Валинивец М.Ю. Транспорт фосфора в тонкой кишке цыплят в условиях *in vitro* и влияние на него витамина D/М.Ю. Валинивец, Н.Н. Лимонченко, В.К. Бауман. – Рига: Зинатне, 1982. – С. 60-67.

63. Васильева Е.А. Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных. – М.: Россельхозиздат, 1982. – С. 129-135.

64. Вернадский В.И. Живое вещество. – М.: Наука, 1989. – 285 с.

65. Ветеринарный энциклопедический словарь/ гл. ред. В.П. Шишков. – М.: Сов. энцикл. 1981. – С. 131, 253-254, 548-549.

66. Вигоров Л.И. Садоводство лечебных культур. – Свердловск: Среднеурал. кн. изд-во, 1976. – 213 с.

67. Внутренние болезни. – М.: Мир, 1994. – Кн. 4. – С. 447-460.

68. Войнар А.О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Сов. наука, 1960. – 435 с.

69. Воробьева Р.С. Гигиена и токсикология кадмия: науч. обзор. Сер. Гигиена. – М., 1997. – № 4. – 300 с.

70. Вяззенен Г.Н. Применение продуктов переработки амаранта, льна-долгунца, и рапса в кормлении сельскохозяйственных животных. – СПб.; Пушкин, 1993. – №1. – С. 41-43.

71. Вяззенен Г.Н. Ускорение выведения ТМ из организма коров/ Г. Н. Вяззенен, В.А. Савин, А.А. Стручков // Зоотехния. – 1995. – № 9. – С. 9-13.

72. Вяззенен Г.Н. Ускорение выведения тяжелых металлов из организма животных/ Г.Н. Вяззенен, В.А. Савин, В.А. Гуляев, Г.А. Вяззенен, А.И. Токарь. – Новгород, 1997. – 300 с.

73. Вяззенен Г. Н. Влияние скармливания кормовых добавок на выведение тяжелых металлов из организма свиней / Г.Н. Вяззенен, А. И. Токарь // Зоотехния. – 1997. – № 8. – С. 31-32.

74. Вяззенен Г.Н. Использование льна-долгунца для

повышения экологической чистоты молока // Зоотехния. – 1996. – №4. – С. 20 - 21.

75. *Вяйзенен Г. Н.* Тяжелые металлы в продуктах животноводства/ Г.Н. Вяйзенен, В.А. Савин и др.// Аграрная наука. –1999. –№4. –С. 11-12.

76. *Габович Р.Д.* Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ / Р. Д. Габович, Л. С. Припутина. – Киев: Здоровье, 1987. – 248 с.

77. *Гадаскина И.Д.* Определение промышленных ядов в организме/ И.Д. Гадаскина, Н.Д. Гадаскина, В.А.Филов. – М.: Медицина, 1975. – 288 с.

78. *Гадаскина И.Д.* Яды вчера и сегодня/ И.Д. Гадаскина, Н.А. Толоконцев. – Л.: Наука, 1988. –202 с.

79. *Гамко Л.Н.* Природный цеолит как абсорбент тяжелых металлов в организме свиней/ Л.Н. Гамко, Т.А. Талызина // Зоотехния. – 1997. – №2. – С. 14-16.

80. *Георгиевский В. И.* Минеральное питание животных / В.И. Георгиевский и др. – М.: Колос, 1979. – 471с.

81. *Георгиевский В. И.* Минеральное питание сельскохозяйственной птицы. – М.: Колос, 1970. – 327 с.

82. *Гераймович О.А.* Организация контроля токсических веществ// Молочная и мясная промышленность. –1991. – № 3. – С. 22 – 24; № 4. – С. 35-36.

83. *Гертман А.М.* Фармакокоррекция содержания токсичных элементов в трофической цепи // Ветеринария. – 2002. – №11. – С. 33-35.

84. *Гигиенические* критерии состояния окружающей среды. Свинец. – М.: Медицина, 1980. – 193 с.

85. *Гигиенические* требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПин 2.3.2.10 78-01. – Новосибирск, 2002. – 210 с.

86. *Гильденскиольд Ю.В.* Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм/ Ю.В. Гильденскиольд, Р.С. Новиков, Р.С. Хамидулин и др.// Гигиена и санитария. – 1992. – № 5. – С. 6 – 8.

87. *Гичев Ю.Ю.* Руководство по биологически активным пищевым добавкам/ Ю.Ю. Гичев, Ю.П. Гичев. – М.: Триада, 2001. – С. 106, 175.

88. *Голубев В.Н.* Пищевые и биологически активные добавки / В.Н. Голубев, Л.В. Чичева-Филатова, Т.В. Шленская. – М.: Академия, 2003. – С. 71-81.

89. *Голубев В.Н.* Функциональные свойства пектинов и крахмала/ В.Н. Голубев, С.Ю. Беглов, А.В. Поджуев // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2000. – №1. – С. 14-18.

90. *Голубев В.Н.* Технология овощефруктовых паст с активированным пектином / В.Н. Голубев, О.А. Ильина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №10. – С. 32-33.

91. *Гольдберг Д.И.* Гематология животных / Д.И. Гольдберг, Е.Д. Гольдберг, Н.Г. Шубин. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1973. – С. 99-101.

92. *Гольдберг Е.Д.* Справочник по гематологии с атласом микрофотограмм. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989. – 468 с.

93. *Горн Л. Э.* Экскреция свинца с мочой у лиц, профессионально с ним соприкасающихся, после введения кальцийдинатриевой соли ЭДТА // Гигиена труда и проф. заболевания. – 1970. – № 9. – С.49.

94. *Горобец А. И.* Биологическая активность хелатных соединений микроэлементов в питании цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. с - х. наук. – Боровск, 1984. – 24 с.

95. *Горобец М.Ф.* Взаимосвязь витамина А и кобальта в обмене веществ: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Черновцы, 1972. – 17 с.

96. ГОСТ 26927- 86 - ГОСТ 26935- 86. Сырьё и продукты пищевые: Методы определения токсичных элементов. – М.: Изд-во стандартов, 1986. –85 с.

97. ГОСТ 52702-2006. Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). – М.: Стандартинформ, 2007. – 14 с.

98. *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 // Тр. Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск, 2003. – Т. 183, вып. 1: Зоотехния.

99. *Грачева О.Г.* Аккумуляция антропогенных загрязнителей (свинца и кадмия) в организме цыплят-бройлеров на фоне применения рациона с повышенным содержанием витамина D₃ // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – №1. – С.73-77.

100. *Грачева О.Г.* Аккумуляция антропогенных загрязнителей (свинца и кадмия) в организме цыплят-бройлеров на фоне применения рациона с повышенным содержанием витамина D₃: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2009. – 20 с.

101. *Григорюк Г.П.* Пектины из коры деревьев хвойных пород – пищевая добавка с энтеросорбентными свойствами / Г.П. Григорюк, А.И. Туманова и др. // Пища. Экология. Человек: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 87-88.

102. *Громов И.Ю.* Изучение загрязнения птицы и птицепродуктов некоторыми токсичными элементами/ И.Ю. Громов, Ю.Н. Красюков, И.П. Савинкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – №2. – С. 50

103. *Губернаторов В.А.* Стабилизирующие системы марки T-Gel завоевывают рынок/ В.А. Губернаторов, С.Э. Ядковская // Мясная индустрия. – 2002. – №9. – С. 27-28.

104. *Гудковский В.А.* Антиокислительные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения// Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – №4. – С. 13-15.

105. *Гурин И.С.* Биологически активные вещества гидробионтов – источник новых лекарств и препаратов / И.С. Гурин, И.С. Ажгихин. – М.: Наука, 1981. – С. 30-33.

106. *Гурова Н.В.* Функциональные свойства гидроколлоидов. Каррагинаны. – М.: ГПП Печатник, 2001. – С. 11.

107. *Давыдова С.Л.* Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: учеб. пособие/ С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.

108. *Дадашев М.Н.* Перспективы производства и применения пектиновых веществ/ М.Н. Дадашев, Я.А. Вагидов, Д.А. Шихнебиев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – №9. – С. 46-50.

109. *Далгатов Д.Д.* К вопросу о биологически активных веществах облепихи крушиновидной. – Махачкала, 1981. – 24 с.

110. *Дамбахер М.А.* Остеопороз и активные метаболиты витамина D. – М.: Наука, 1996. – 250 с.

111. *Детоксикация* тяжелых металлов в системе почва – растение – животное – продукт питания человека: метод. рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние; ГНУ СибНИПТИП, Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2005. – 41 с.

112. *Джамбулатов М.М.* Кормовые отравления птиц/ М.М. Джамбулатов, А.Ф. Османов, Г.И. Зубаилов. – Кировобад, 1978. – С. 46-48.

113. *Диагностика* болезней и отравлений птиц. – М.: Колос, 1966. – 153 с.

114. *Додина Л.Г.* Некоторые аспекты влияния антропогенного загрязнения окружающей среды на здоровье населения // Гигиена и санитария. – 1998. – №3. – С. 48-52.

115. *Доклад* о свинцовом загрязнении окружающей среды Российской Федерации и его влиянии на здоровье населения. – М., 1997. – 47 с.

116. *Доклад* о состоянии окружающей среды Новосибирской области в 2003 году. – Новосибирск, 2004. – 232 с.

117. *Донченко Л.В.* Безопасность пищевой продукции / Л.В. Донченко, В.Д.Надыкта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – С. 112-185, 343-365, 499-501.

118. *Донченко Л.В.* Безопасность пищевого сырья и продуктов питания/ Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М.: Пищ. пром-сть, 1999. – 352 с.

119. *Донченко Л.В.* Безопасность пищевой продукции: учеб. /Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: ДеЛи принт, 2005. – 539 с.

120. *Донченко Л.В.* Технология пектина и пектинопродуктов. – М.: ДеЛи, 2000. – 256 с.

121. *Дудкин М.С.* Пищевые волокна – новый раздел химии и технологии пищи / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов // Вопросы питания. – 1998. – №3. – С. 36-38.

122. *Дьяченко Р.А.* Взаимосвязь микроэлементов Cu, Mg, Zn с витамином С в организме животных: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1964. – 17 с.

123. *Дэвис Д.* Биохимия растений / Д. Дэвис, Дж. Джованелли, Т. Рис. – М.: Мир, 1966. – С. 168-178.

124. *Дятлова Н.М.* Комплексоны / Н.М. Дятлова, В.Я. Темкина. – М.: Химия, 1970. – 417 с.

125. *Елпатьевский П.В.* Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. – М.: Наука, 1993. – 253 с.

126. *Ермак И.М.* Физико-химические свойства, применение и биологическая активность каррагинана – полисахарида красных водорослей / И.М. Ермак, Ю.С. Хотимченко // Биология моря. – Т. 23, №33. – С. 129-142.

127. *Ермаков В.В.* Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.

128. *Ершов Ю.А.* Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учеб. для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд и др.; под ред. Ю.А. Ершова. – М.: Высш. шк., 2000. – С. 208-211, 215-216.

129. *Ершов Ю.А.* Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю.А. Ершов, Т. В. Плетнева. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.

130. *Желтышева О.С.* Влияние плодово-ягодных гомогенатов на снижение содержания токсичных элементов в организме животных / О.С. Желтышева, Т.И. Бокова // Актуальные проблемы животноводства: наука, производство и образование: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию зооинженер. фак. Новосиб. аграр. ун-та. – Новосибирск, 2006. – С. 163-164.

131. Желтышева О.С. Влияние плодово-ягодных гомогенатов на детоксикацию свинца и кадмия в организме крыс / О.С. Желтышева, Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – №8. – С. 92-97.

132. Желтышева О.С. Влияние плодово-ягодных гомогенатов на толерантность крыс к антропогенным загрязнителям (свинцу и кадмию): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2009. – 17 с.

133. Жуленко В.Н. Тяжелые металлы в органах и тканях крупного рогатого скота, выращенного в хозяйствах Подмосковья / В.Н. Жуленко, М.А. Малярова, Е.К. Боярченко // Биохимические аспекты качества белковой продукции мясной и молочной промышленности. – М., 1985. – С. 22-26.

134. Журавская Н.С. Сорбционная способность цеолитсодержащих пород в отношении экотоксичных факторов боропроизводств / Н.С. Журавская, П.Ф. Кику // Проблемы сорбционной детоксикации. – Новосибирск, 1995. – С. 113-114.

135. Забашта А.Г. Применение различных связующих средств при производстве формованных продуктов/ А.Г. Забашта, В.О. Баков, Р.Г. Козюлин// Пища. Экология. Человек: материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: МГУПБ, 2003. – С. 46-47.

136. Зайцев С.Ю. Биохимия животных. Фундаментальные и клинические аспекты: учеб./ С.Ю. Зайцев, Ю.В. Копопатов. – СПб.: Лань, 2004. – 384 с.

137. Заки Шафика Абдель Хамид. Получение МКБ, устойчивых к антибиотикам, и их характеристика: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Алма-Ата, 1975. –17 с.

138. Закон РФ « О качестве и безопасности пищевых продуктов» №29-ФЗ от 2 января 2000 г. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/document>.

139. Западнюк И.П. Лабораторные животные: Разведение, содержание, использование в эксперименте: учеб. пособие для студентов биол. спец. вузов / И.П. Западнюк, В.И. За-

паднюк, Е.А. Захария, Б.В. Западнюк. – Киев: Вища школа, 1983. – 383 с.

140. *Заярко А. И.* Повышение оплодотворяемости коров на фермах промышленного типа с использованием гумата натрия: автореф. дис. ... канд. с-х. наук. – М., 1984. – 24 с.

141. *Здольник Т.Д.* Влияние биологически активных добавок к пище на функцию пищеварительных желез в условиях экспериментальной интоксикации свинцом и хромом// Гигиена и санитария. – 2001. – №2. – С. 46-49.

142. *Зеленукин В.С.* Минеральная подкормка животных. – М.: Колос, 1968. – 104 с.

143. *Зербино Д.Д.* Хроническое воздействие свинца на сосудистую систему: проблема экологической патологии/ Д.Д. Зербино, Ю.А. Поспошил// Архив патологии. – 1990. – № 7. – С. 70-75.

144. *Златаров А.* Кадмий и окислительные ферменты // Успехи биологической химии. – 1937. – С. 31-47.

145. *Злочевский А.Л.* Продовольственная безопасность: различные аспекты / А.Л. Злочевский, А.Х. Зверюха, О.А. Масленникова // Пищ. пром-сть. – 2002. – № 2. – С. 10-11.

146. *Золотарева А.М.* Биотрансформационные преобразования нативного облепихового сока/ А.М. Золотарева, Т.Ф. Чиркина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – №2. – С. 26-29.

147. *Золотарева А.М.* Валеологические свойства мясного изделия, содержащего вторичные продукты переработки плодов облепихи /А.М. Золотарева, О.Д. Цыренжапова, Т.Ф. Чиркина, Д.Ц. Цыбикова //Тибетская медицина. Состояние и перспективы исследований: сб. науч. тр. – Улан-Удэ, 1994. – С. 5.

148. *Золотарева А.М.* Оценка пищевой ценности и перспективы использования облепихи в продуктах питания // Облепиха в лесостепи Приобья: сб. науч. тр. / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1999. – 108 с.

149. *Золотарева А.М.* Перспективы использования моди-

фицированного облепихового сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – №9. – С. 59-62.

150. *Израэль Ю. А.* Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

151. *Изучение адаптационных возможностей сельскохозяйственных животных в Сибири / П.Н. Смирнов, Г.А. Ноздрин, А.Г. Незавитин, С.Н. Магер, К.В. Жучаев и др.* – Новосибирск, 2006. – С. 12-24, 146-152.

152. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.

153. *Ильин В.Б.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.

154. *Инербаева А.Т.* Пищевая ценность и качество мяса цыплят-бройлеров / А.Т. Инербаева, И.Э. Цапалова, Т.И. Бокова //Изн. вузов. Пищевые технологии. – Краснодар, 2004. – №1.

155. *Инербаева А.Т.* Товароведная оценка мяса птицы и способы снижения токсичных элементов как факторы, формирующие безопасность пищевых продуктов: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Кемерово, 2004. –17 с.

156. *Инербаева А.Т.* Исследование накопления и распределения тяжелых металлов в тканях птиц и влияние их на физиологические параметры / А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова // Достижения зоотехнической науки и практики – основа развития производства продукции животноводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2005. – С. 292-296.

157. *Инербаева А.Т.* Оценка качества мяса птицы и изучение факторов, формирующих безопасность пищевых продуктов/ А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова, К.Я. Мотовилов// Актуальные проблемы животноводства: наука, производство и образование: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию зооинженер. фак. Новосиб. аграр. ун-та. – Новосибирск, 2006. – С. 165-166.

158. *Инербаева А.Т.* Оценка безопасности модельных фар-

шей на лабораторных животных/ А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2007. – №12. – С. 50-55.

159. *Инербаева А.Т.* Органолептическая оценка мясных рубленых полуфабрикатов с плодово-ягодными добавками / А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова, О.С. Желтышева //Хранение и переработка сельхозсырья. –2009.–№12. – С. 47-48.

160. *Инербаева А.Т.* Оценка профилактической эффективности мясных фаршей с плодово-ягодными добавками/ А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова, О.С. Желтышева, О.К. Мотовилов//Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – №8. – С. 96-100.

161. *Ипатова Л.Г.* Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, О.Г. Шубина, Т.А. Духу, М.А. Левачева // Пищевые ингредиенты и добавки. – 2004. – №1. – С.14-17.

162. *Исамов Н.Н.* Закономерности миграции техногенных загрязнителей в трофической цепи лактирующих коров/ Н.Н. Исамов, А.Н. Сироткин, С.В. Фесенко // Экология. –1998. – №6. – С. 441-446.

163. *Исамов Н.Н.* Поведение техногенных загрязнителей в трофической цепи дойных коров в различных почвенно-климатических зонах/Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, В.К. Кузнецов // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. – Семипалатинск, 2002. – Т.2. – С. 343-347.

164. *Исамов Н.Н.* Влияние техногенного загрязнения угодий радионуклидами и тяжелыми металлами на скотоводство/ Н.Н. Исамов, В.С. Анисимова, Н.В. Грудина // Вестн. РАСХН. – 2003. – №1. – С. 20-21.

165. *Исидоров В.А.* Введение в химическую экотоксикологию. – СПб.: Химиздат, 1999. –144 с.

166. *Использование* молочно-кислой кормовой добавки с пробиотиками в рационах сельскохозяйственных животных: метод. рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние, ГНУ СибНИПТИП. – Новосибирск, 2005. – 27 с.

167. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
168. *Кадмий: экологические аспекты.* – Женева: Медицина: ВОЗ, 1997. – 161 с.
169. *Кадникова И.А.* Каррагинан в пищевой промышленности/ И.А. Кадникова, С.В. Талабаева// Рыбн. пром-сть. – 2005. – №2. – С. 34-36.
170. *Казачков В.И.* Модифицирующее действие свинца на эмбриотоксичность кадмия/ В.И. Казачков, З.М. Герасимова, Л.Ф. Астахова// Гигиена и санитария. – 1992. – № 2. – С. 60-63.
171. *Кайшева Н.Ш.* Лечебно-профилактическое средство, обладающее детоксицирующей активностью: Пат. на изобретение № 21915091 / Н.Ш. Кайшева, Ю.К. Василенко, Л.А. Саджая, В.А. Компанцев. – Оpubл. 27.10.02. – Бюл. № 30.
172. *Кайшева Н.Ш.* Составы растворимых комплексов металлов с пектинами / Н.Ш. Кайшева, В.А. Компанцев // Пищ. пром-сть. – 1992. – №1. – С. 28-29.
173. *Калакура М.М.* Нетрадиционное сырье для лечебно-профилактического питания/ М.М. Калакура, Т.Ф. Петренко // Пища. Экология. Человек. – М., 2001. – С. 442.
174. *Калмыкова А.И.* Пробиотики: Терапия и профилактика заболеваний. Укрепление здоровья. – Новосибирск, 2001. – С. 204.
175. *Кальницкий Б.Д.* Минеральные вещества в кормлении животных. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 207 с.
176. *Кацева Г.Н.* Исследование взаимодействия пектиновых веществ с солями ртути, меди, цинка и кадмия/ Г.Н. Кацева, Е.П. Кухта, Е.П. Панова // Химия природных соединений. – 1988. – №2. – С. 171-175.
177. *Кашин А.С.* Транспланцентарная интоксикация плода крупного рогатого скота приоритетными ксенобиотиками и изыскание методов детоксикации/ А.С. Кашин, Н.В. Шаньгин, Т.П. Евсеева // Эпизоотология, диагностика, профилактика и методы борьбы с болезнями животных. – Новосибирск, 1997. – С. 292-297.

178. *Кашин А.С.* Об обеспечении устойчивого ветеринарного благополучия животноводства на фоне антропогенных аномалий региона// Вестн. РАСХН. –2001. –№5. –С. 76-78.

179. *Клепцина Е.С.* Накопление тяжелых металлов в органах и тканях кур-несушек / Е.С. Клепцина, В.Л. Петухов, А.Г. Незавитин, Н.Н. Шипилин // Проблемы стабилизации и развития. – Новосибирск, 1999. – Ч .2. – С. 199-200.

180. *Клиническая биохимия* / под ред. В.А. Ткачука. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 512 с.

181. *Княжев В.А.* Концепция государственной политики в области здорового питания населения России на период до 2005 г./ В.А. Княжев, Е.И. Сизенко, И.А. Рогов, О.В. Большаков, В.А. Тутельян // Пищ. пром-сть. – 1998. – №3. – С. 2-5.

182. *Коваль Ю.И.* Применение препаратов с антиоксидантными свойствами при выращивании цыплят-бройлеров/ Ю.И. Коваль, Т.И. Бокова // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №4.– С. 46-47.

183. *Ковальский А.А.* Исследование селена в биологии и медицине за рубежом// Патология человека и роль препаратов селена и пантов в ее терапии. – Чита, 1993. – С. 56-59.

184. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. –299 с.

185. *Козлов Д.Ю.* Морфологические и функциональные изменения органов цыплят-бройлеров при хронической интоксикации свинцом и кадмием: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2001. – 24 с.

186. *Козлов С.Г.* Свойства макроколлоидов пектина в присутствии творожной сыворотки/ С.Г. Козлов, А.Ю. Просеков, Н.В. Кааль// Молоч. пром-сть. – 2005.-№11. – С. 45.

187. *Козлова Т.Т.* Новые пищевые адаптогены/ Т.Т. Козлова, Д.И. Кузнецов, Т.В. Лебедев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – №7. – С. 47-49.

188. *Колаковский Э.* Технология рыбного фарша. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.111-112.

189. Колесников В.А. Свинцосодержащие соединения в органах и тканях овец: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Л., 1987. – 24 с.

190. Колесников В.А. Эколого-токсикологические аспекты воздействия соединений свинца на биологические объекты. – Красноярск, 2002. – С. 7-37.

191. Колеснов А.Ю. Пектины и их применение в молочной промышленности: обзор. информ./ А.Ю. Колеснов, А.А. Кочеткова, В.И. Тужилкин. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1996. – 36 с.

192. Колмакова Н. Необычное в привычном: пектин как полезная пищевая добавка // Пищ. пром-сть. – 2004. – №8. – С. 77-78.

193. Колмакова Н. Пектин и его применение в производстве специальных фруктовых наполнителей// Пищ. пром-сть. – 2003а. – №7. – С. 58-60.

194. Колмакова Н. Пектин и его применение в различных пищевых производствах // Пищ. пром-сть. – 2003б. – №6. – С. 60-62.

195. Коломийцева М.Г. Микроэлементы в медицине/ М.Г. Коломийцева, Р.Д. Габович. – М.: Медицина, 1970. – 288 с.

196. Компанцев В.А. Комплексообразование пектинов с ионами поливалентных металлов/ В.А. Компанцев, Н.Ш. Кайшева и др. // Пищ. пром-сть. – 1990. – № 11. – С. 39-40.

197. Коршунова В.В. Разработка композиционных рецептур мясных продуктов на основе ИК-сушеных овощей/ В.В. Коршунова, Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева// Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – №4 – С. 55 – 58.

198. Кошелев Ю.А. Облепиха: монография /Ю.А. Кошелев, Л.Д. Агеева. – Бийск: НИЦ БПГУ им. В.М. Шукшина, 2004. – 320 с.

199. Крикова Н.И. Спектрофотометрическое изучение водных растворов свекловичного и цитрусового пектинов в присутствии ионов меди, свинца и ртути/ Н.И. Крикова, С.Н. Щурбан, В.А. Компанцев. – Пятигорск, 1990. – 9 с.

200. *Кроль М.Ю.* Содержание ТМ в кормах и продукции птицеводства / М.Ю. Кроль, М.Х. Гаруни // Ветеринария. – 1999. – № 6. – С. 46-48.

201. *Кроль М.Ю.* Изучение комбинированного действия соединений ртути, кадмия и свинца// Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. – Горно-Алтайск, 2000. – С. 160-161.

202. *Кропачев Д.В.* Действие биологически активных препаратов фагостим и поливедрим при интоксикации птицы ионами свинца и кадмия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 18 с.

203. *Кропачев Д.В.* Возможность применения одноцепочных РНК для снижения аккумуляции тяжелых металлов в мясе птицы / Д.В. Кропачев, К.Я. Мотовилов, Ю.С. Аликин, Т.И. Боккова // Пища. Экология. Качество: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2002. – С. 330-332.

204. *Кручакова Ф.А.* Аскорбиновая кислота как профилактический фактор в питании рабочих, соприкасающихся со свинцом и его солями / Ф.А. Кручакова, Б. И. Полонская // Врачеб. дело. –1951. – №8. – С. 725.

205. *Кудрин А.В.* Иммунофармакология микроэлементов/ А.В. Кудрин, А.В. Скальный, А.А. Жаворонков, М.Г. Скальная, О.А. Громова. – М.: Изд-во КМК, 2000. – 537 с.

206. *Кудряшова О.А.* Применение гидроколлоидов в производстве колбас // Мясн. индустрия. –2001. – №11. – С.37-39.

207. *Кузнецов А.Ф.* Использование нового минерала в птицеводстве / А.Ф. Кузнецов, И.В. Мухина // Справочник ветеринарного врача птицеводческого предприятия. – СПб., 1995. – Т. 1. – С. 140-144.

208. *Кузнецов Г.А.* Экология и будущее. – М.: МГУ, 1988. – 160 с.

209. *Кузубова Л.И.* Токсиканты в пищевых продуктах. – Новосибирск, 1990. – 126 с.

210. *Кузубова Л.И.* Элементы – токсиканты в пищевых продуктах. Гигиенические характеристики, нормативы содержа-

ния в пищевых продуктах, методы определения: анализ. обзор / Л.И. Кузубова, О.В. Шуваева, Г.Н. Аношин; ГПНТБ СО РАН, Ин-т неорг. химии, Объед. ин-т геологии, геофизики и минералогии СО РАН. – Новосибирск, 2000. – 67 с.

211. *Кузьмина А.А.* Хозяйственно-биологическая оценка сортообразцов облепихи в условиях лесостепи Приобья. – Барнаул, 2005. – 24 с.

212. *Курило А.И.* Воздействие гумата натрия на рост и резистентность животных / А.И. Курило, Б.Н. Мельников // Труды ВНИИ торфян. пром-сти. – Л., 1990. – № 64. – С. 29-35.

213. *Кушева О.А.* К вопросу о получении полисахарида из морской травы *Phyllospadix iwatensis*/ О.А. Кушева, И.А. Кадникова // Пища. Экология. Человек. – М., 2001. – С. 77.

214. *Лаврушина Ю.А.* Исследование сорбционных свойств и химического состава крупяных изделий / Ю.А. Лаврушина, В.А. Филичкина и др. //Хранение и переработка с.-х. сырья. – 2000а. – №2. – С. 52-53.

215. *Лаврушина Ю.А.* О механизме удерживания металлов некоторыми пищевыми продуктами / Ю.А. Лаврушина, В.А. Филичкина и др. //Хранение и переработка с.-х. сырья. – 2000б. – №7. – С. 10-12.

216. *Ладонин Д.В.* Взаимодействие гуминовых кислот с тяжелыми металлами/ Д.В. Ладонин, С.Е. Марголина // Почвоведение. – 1997. – №7. – С. 806-811.

217. *Лантий А.В.* ЭМ-технология и птицеводство//Надежда планеты. – 2001. – №1. – С. 18-19.

218. *Лебедева О.В.* Эффективность применения местных кудюритов в кормлении племенных кур - несушек яичного направления: автореф. дис. ... канд. с. - х. наук. – Новосибирск, 1998. – 18 с.

219. *Левина Э.Н.* Общая токсикология металлов. – Л.: Медицина, 1972. – 240 с.

220. *Левченко Б.Д.* Пектины и новое направление в диетологии/ Б.Д. Левченко, Т.И. Овсяк, Т.И. Костенко // Пищ. пром-сть. – 1994. – №12. – С. 12.

221. *Лившиц О.Д.* Экспериментальное обоснование профилактической роли пищевых волокон овощных продуктов при интоксикации тяжелыми металлами: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1989. – 36 с.

222. *Лисицын А.Б.* Технологические свойства мясного фарша со структурированным наполнителем из альгината натрия/ А.Б. Лисицын, Е.В. Литвинова // Мясная индустрия. – 2002. – №5. – С. 15-16.

223. *Лисицын А.Б.* Структурированный наполнитель для мясных рубленых полуфабрикатов/ А.Б. Лисицын, Е.В. Литвинова, И.И. Коченкова // Мясная индустрия. – 2002а. – №6. – С. 25-27.

224. *Лисицын А.Б.* Реологические характеристики мясного фарша с альгинатами/ А.Б. Лисицын, Е.В. Литвинова, И.И. Кочеткова, Г.А. Осипова// Мясная индустрия. – 2002. – №7. – С. 50-51.

225. *Лисицын А.Б.* Лечебно-профилактические мясные продукты для детей и взрослых, в т.ч. проживающих в экологически неблагоприятных зонах и в крупных городах/ А.Б. Лисицын, А.В. Устинова, Н.Е. Белякина // Хранение и переработка с.-х. сырья. – 2002. – №9. – С. 11-15.

226. *Лисицын А.Б.* Функциональные продукты на мясной основе – путь к оздоровлению населения России/ А.Б. Лисицын, И.М. Чернуха// Мясная индустрия. – 2003. – №1. – С. 12-15.

227. *Лисунова Л.И.* Влияние ионов цинка и гумата натрия на токсические свойства кадмия в органах и тканях сельскохозяйственной птицы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2001. – 22 с.

228. *Литвинова Е.И.* Профилактические продукты с антимутагенными добавками / Е.И. Литвинова, А.В. Орещенко, А.Д. Дуриев// Пищ. пром-сть. – 2002а. – №2. – С. 15-18.

229. *Литвинова Е.И.* Использование лечебно-профилактической эмульсии с антимутагенными добавками в паштетах/ Е.И. Литвинова, А.Д. Дуриев, А.Б. Лисицын // Мясная индустрия. – 2002б. – №12. – С. 22-24.

230. *Лифшиц В.М.* Биохимические анализы в клинике: справ./ В.М. Лифшиц, В.И. Сидельникова. – М.: Триада-Х, 2002. – 208 с.

231. *Лойт А.О.* Профилактическая токсикология/ А.О. Лойт, М.Ф. Савченков. – Иркутск, 1996. – 280 с.

232. *Ломака В.А.* Противоядия в ветеринарной практике/ В.А. Ломака, В.И. Забельский. – Киев, 1967. – 118 с.

233. *Ломоносов С.И.* Основные процессы техногенного расселения и концентрирования элементов и принципы их оценки// Геохимия техногенных процессов: тр. I Всесоюз. совещ. «Геохимия техногенеза». – М.: АН СССР, 1990. – С. 26-59.

234. *Лотош Т.Д.* Гумат натрия из торфа как фактор повышения неспецифической резистентности организма: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Львов, 1985. – 18 с.

235. *Лудевиг Р.* Острые отравления/ Р. Лудевиг, К. Лос. – М.: Медицина, 1983. – 560 с.

236. *Лужников Е.А.* Острые отравления / Е.А. Лужников, Л.Т. Костомарова. – М.: Медицина, 1989. – 432 с.

237. *Лукьянова И.А.* Перевариваемость питательных веществ кормов и физиологические показатели организма цыплят-бройлеров при использовании гумина HS-1500: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1996. – 16 с.

238. *Лыкасова И.А.* Кинетика ТМ в организме животных на фоне применения корня солодки / И.А. Лыкасова, М.И. Рабинович //Ветеринария. – 1999. – №3. – С. 45-48.

239. *Любченко П.Н.* Состояние органов пищеварения при воздействии свинца: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1985. – 45 с.

240. *Любченко П.Н.* Интоксикационные заболевания органов пищеварения. –Воронеж, 1990. – 181 с.

241. *Ляшенко Е.П.* Создание технологий производства консервов повышенной биологической ценности и лечебно-профилактического действия/ Е.П. Ляшенко, А.Г. Редко // Пища. Экология. Человек. – М., 2001. – С. 48-49.

242. *Маганова Н.Б.* Оценка степени мутагенной опасности пищевых продуктов // Вопросы питания. – 2004. – Т. 73. – №1. – С. 35-37.

243. *Майстренко В.Н.* Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов/ В.Н. Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.Н. Будников. – М.: Химия, 1996. – 319 с.

244. *Макаренко Л.Я.* Влияние цеолита на содержание тяжелых и вредных металлов в продуктах животноводства/ Л.Я. Макаренко, Н.А. Ларина // Пища. Экология. Качество: тр. 3-й Междунар. науч.-практ. конф./ РАСХН. Сиб. отд-ние. ГНУ СибНИПТИП. – Новосибирск, 2003. – С. 70-73.

245. *Макензет Ж.* Рост и показатели метаболизма у цыплят-бройлеров при разном уровне макро- и микроэлементов в рационе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1990. – 24 с.

246. *Маринец Р.М.* Особенности в содержании токсичных металлов в кормах и методы снижения их перехода в организм бычков на откорме: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новгород, 1998. – 24 с.

247. *Матафонов И.И.* Облепиха. – Новосибирск: Наука, 1983. – 165 с.

248. *Матиосов А.Д.* Влияние свинца и кадмия на биохимические показатели и продуктивность кур-несушек: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 22 с.

249. *Миграция* загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: тр. 2-го Всесоюз. совещ., г. Обнинск. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 252 с.

250. *Мизюкова И.Г.* О подходах к изысканию средств антидотной терапии отравлений химической этиологии / И.Г. Мизюкова, В.Е. Петрунькин // Общие вопросы промышленной токсикологии. – М., 1967. – С. 153-156.

251. *Минина Л.А.* Отрицательное влияние избытка свинца на организм овец и пути его снижения/ Л.А. Минина, Е.Б. Прудеева, Б.А. Мирошниченко// Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. – Новосибирск, 2000. – С. 272-273.

252. *Михалева Л.М.* Патоморфологическая характеристика экспериментальной кадмиевой интоксикации/ Л.М. Михалева, А.П. Черняев //Микроэлементозы человека. – М., 1989. – С. 194-195.

253. *Мицык В.Е.* Рациональное питание и пищевые продукты/ В.Е. Мицык, А.Ф. Невольниченко. – Киев: Урожай, 1994. – С. 20-35.

254. *Мосина Л.В.* Биоиндикация состояния экосистем в условиях антропогенных воздействий// Докл. ТСХА. – 1999. – Вып. 270. – С. 393-397.

255. *Москалев Ю.И.* Минеральный обмен. – М.: Медицина, 1985. –287 с.

256. *Мосолова Н.И.* Эффективность использования целолитов и тыквета для снижения уровня содержания ТМ в организме лактирующих коров// Проблемы и перспективы совершенствования производства пищевых продуктов с высокими потребительскими свойствами на основе улучшения качества животноводческого сырья. – Волгоград, 2002. – Т.2. – С. 106-112.

257. *Мотузова Г.В.* Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг. – М., 1999. – 168 с.

258. *Мудрый И.В.* Тяжелые металлы в системе почва – растение – человек// Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 14-17.

259. *Мур Д.В.* Тяжелые металлы в природных водах/ Д.В. Мур, Д.С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

260. *Мусиенко И.В.* Стабилизирующие системы на основе гидроколлоидов// Мясная индустрия. – 2003. – №3. – С. 26-28.

261. *Некоторые* вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – 366 с.

262. *Нечаев А.П.* Пищевые добавки/ А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев. – М.: Колос, 2001. – С. 3-10.

263. *Нечаев А.П.* Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Трауберг, А.А. Кочеткова и др.; под ред. А.П. Нечаева. – Изд. 3-е, испр. – СПб: ГИОРД, 2004. – С. 374-376, 390-398.

264. *Никаноров А.М.* Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах/ А.М. Никаноров, А. В. Жулидов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.

265. *Новик Г.И.* Выделение и характеристика белково-полисахаридного комплекса, секретируемого *Bifidumbacterium adolescentis* / Г.И. Новик, Н.И. Астапович, А.А. Самарцев, Н.Е. Рябая // Микробиология. – 1997. – Т. 66, № 5. – С. 621-627.

266. *Ноздрюхина Л.Р.* Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Наука, 1977. – 183 с.

267. *Носенко Д.Л.* Комплексообразующая способность природных полисахаридов по отношению к кадмию/ Д.Л. Носенко, Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева // Пища. Экология. Качество. – Новосибирск, 2003. – С. 75-77.

268. *Носенко Д.Л.* Влияние растительных полисахаридов на снижение свинца и кадмия в органах и тканях лабораторных животных/ Д.Л. Носенко, Т.И. Бокова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2007. – № 4. – С. 55.

269. *Носенко Д.Л.* Влияние растительных полисахаридов на детоксикацию антропогенных загрязнителей (свинца и кадмия) в организме крыс: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 115 с.

270. *Нюкканов А.Н.* Воздействие природных экотоксикантов на гидробионты Республики Саха (Якутия) / А.Н. Нюкканов, В.А. Колесников. – Красноярск, 2004. – С. 9, 11, 20-27, 30-38, 171-173.

271. *Овчаренко М.М.* Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение// Химия в сел. хоз-ве. – 1995. – №4. – С. 8-17.

272. *Околелова А.А.* Экологические аспекты качества продуктов животноводства//Совершенствование технологий производства и переработка продукции животноводства: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград: РПК «Политехник», 2005. – Ч. 2. – С. 259-262.

273. *Околелова Т.М.* Витаминное питание сельскохозяйственной птицы. – М.: Сельхозиздат, 1988. – 190 с.

274. *Оксенгендлер Г. И.* Яды и противоядия. – Л.: Наука, 1982. – 191 с.
275. *Оксенгендлер Г.И.* Яды и организм. – Л., 1991. – 190 с.
276. *Орещенко А.Р.* О пищевых добавках в продуктах питания / А.Р. Орещенко, Н.Ф. Берестень// Пищ. пром-сть. – 1996. – №6. – С. 4-8.
277. *Орлов Д.С.* Химия почв. – М.: МГУ, 1985. – 375 с.
278. *Основы общей промышленной токсикологии.* – Л.: Медицина, 1976. – 303 с.
279. *Остроумов С.А.* Введение в биохимическую экологию. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 176 с.
280. *Палагина И.А.* Характеристика качества продукции по токсичным элементам/ И.А. Палагина, Т.С. Шаманова // Пищевая технология. – 2002. – №1. – С. 71-72.
281. *Палесский В.А.* Экспериментальное исследование влияния свинца на метаболические процессы животного организма/ В.А. Палесский, В.Н. Иванов, С.А. Палесский// Влияние техногенных загрязнений на состояние биосферы и здоровья человека. – Томск: ТГУ, 1979. – С. 132 – 139.
282. *Панин М.С.* Химическая экология/ Семипалат. гос. ун-т. – Семипалатинск, 2002. – 852 с.
283. *Панченко Л.Ф.* Клиническая биохимия микроэлементов/ Л.Ф. Панченко, И.В. Маев, К.Г. Гуревич. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. – 308 с.
284. *Парк Д. Ф.* Биохимия чужеродных соединений. – М.: Медицина, 1976. – 288 с.
285. *Патент РФ № 2189239.* Способ выведения свинца из организма птицы/Т.И. Бокова. – Оpubл. 20.09.2002. Бюл. № 26.
286. *Патент РФ № 2255469.* Способ выведения свинца из организма птицы./ И.И. Бочкарева, Т.И. Бокова. – Оpubл. 10.07.05. Бюл. №19.
287. *Патент РФ № 2306700.* Способ одновременного выведения свинца и кадмия из организма цыплят-бройлеров/ А.В. Смоляков, Т.И. Бокова. – Оpubл. 27.09.07. Бюл. № 27.
288. *Патент РФ №2336719.* Способ одновременного вы-

ведения кадмия и свинца из организма животных/ А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова, К.Я. Мотовилов. – Оpubл. 27.10.2008. Бюл. № 30.

289. *Патент* РФ №2375913. Способ кормления животных и птиц/ А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова, И.И. Бочкарева, К.Я. Мотовилов, Д.Л. Носенко. –Оpubл. 20.12.2009. Бюл. № 35.

290. *Патент* РФ №2391876. Способ получения полуфабриката из мяса сельскохозяйственных животных и птицы/ О.С. Желтышева, Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева; патентообладатель ГНУ СибНИИП. –№2008144712712. – Заявл.12.11.08; опубл. 20.06.2010. Бюл. №17.

291. *Перязева Е.Г.* Миграция тяжелых металлов в окружающей среде/ Е.Г. Перязева, А.М. Плюскин, В.И. Гунин// Экология и пром-сть России. – 2001. – № 10. – С. 29 – 30.

292. *Пешков А. С.* Гигиеническая оценка условий биоаккумуляции тяжелых металлов в рыбах и других гидробионтах: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – М., 1987. – 24 с.

293. *Погожева А.В.* Пищевые волокна в лечебно-профилактическом питании//Вопросы питания. – 1998. – №1. – С. 39-43.

294. *Подвойская И.А.* Перспективные разработки композиций гидроколлоидов Торгового Дома «ПТИ»/ И.А. Подвойская, Д.И. Кучерук// Мясная индустрия. – 2004. – №5. – С. 23-25.

295. *Подкорытова А.В.* Функциональные свойства альгинатов и их использование в лечебно-профилактическом питании/ А.В. Подкорытова, Н.М. Аминина, М.М. Левачев, В.А. Мирошниченко//Вопросы питания. – 1998. – №3. – С. 26-29.

296. *Подкорытова А.В.* Лечебно-профилактические продукты и биологически активные добавки из бурых водорослей // Рыбн. хоз-во. – 2001. – №1. – С. 51-53.

297. *Позняковский В.М.* Экспертиза мяса и мясопродуктов. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2001. – 526 с.

298. *Позняковский В.М.* Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – С. 90-91, 172-176, 282-286.

299. *Покровский А. Л.* Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. – М.: Медицина, 1979. – 183 с.
300. *Полянский Н.Г.* Свинец. – М.: Наука, 1986. – 357 с.
301. *Попов В.А.* Откорм бычков разных пород при высоком уровне тяжелых металлов в кормах рациона и использовании детоксиканта: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2001. – С. 19-20.
302. *Потневский Э.Г.* Питание пектином как важный фактор в комплексе лечебно-профилактических мероприятий// Пища. Экология. Человек: материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 32.
303. *Похарел П.К.* Влияние тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Pb), содержащихся в кормах, на качество молока коров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1994. – 17 с.
304. *Присный А.А.* Способ получения продуктов питания животного происхождения с пониженным содержанием токсичных металлов// Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI веке. – Белгород, 2000. – С. 120-121.
305. *Пробиотики* и пробиотические продукты в профилактике и лечении наиболее распространенных заболеваний человека. – М., 1999. – 290 с.
306. *Протасова Н.А.* Микроэлементы: Биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение, заболевание человека и животных// Соросов. образоват. журн. – М., 1998. – № 12. – С. 32 – 37.
307. *Пурмаль А.П.* Антропогенная токсикация планеты// Соросов. образоват. журн. – 1998. – № 9. – С. 39 – 45.
308. *Рабинович Л.А.* Получение экологически безопасных мясопродуктов при откорме крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Барнаул, 1999. – 19 с.
309. *Расулов Э.М.* Рыба и нерыбные объекты промысла в рационах питания/ Э.М. Расулов, С.С. Ширалиев, Г.И. Касьянов, О.В. Сарапкина, Р.Ф. Ерин// Пищ. пром-сть. – 2003. – №1. – С. 53.

310. *Рачковская А.М.* Использование сорбентов для детоксикации //Проблемы сорбционной детоксикации. – Новосибирск, 1995. – С. 223 -231.

311. *Рашевская А.М.* Профессиональные заболевания системы крови химической этиологии/ А.М. Рашевская, Л.А. Зорина. – М.: Медицина, 1968. – 302 с.

312. *Ревелль П.* Среда нашего обитания / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М.: Мир, 1995. – 191 с.

313. *Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. –264 с.

314. *Рейли К.* Металлические загрязнения пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 183 с.

315. *Реймерс Н.Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Журн. «Россия молодая», 1994. – 367 с.

316. *Ренвик А.* Комбинационная токсикология и взаимодействие между добавками // Вопросы питания. – 2000. – Т.69, №3. – С. 32-37.

317. *Рогов И.А.* Современные технологии пищевых продуктов с полисахаридами / И.А. Рогов и др. – М.: Урожай, 1996. – Вып. 6. –С. 4-32.

318. *Рогов И.А.* Химия пищи/ И.А. Рогов, Л.В. Антипова. – М.: Колос. – 2000. – 384 с.

319. *Рогов И.А.* Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов/ И.А. Рогов, Н.И. Дунченко, В.М. Позняковский, А.В. Бердугина, С.В. Купцова. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – С. 74-85.

320. *Рождественский К.В.* Кормление сельскохозяйственной птицы/ К.В. Рождественский, В.А. Шаров. – М.: Колос, 1980. – 303 с.

321. *Рослый О.Ф.* Экспериментально-гигиеническая оценка двух бинарных смесей свинец-медь и свинец-цинк/ О.Ф. Рослый, Т.И. Герасименко, А.А. Федорук // Гигиена и санитария. – 2001. – №2. – С. 65-67.

322. *Рыскулов А.К.* Детоксикация ртути в организме животных тиосульфатом натрия: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – М., 1988. – 24 с.

323. *Рыскулов А.К.* Способ обезвреживания токсичных металлов в кормах и организме животных /А.К. Рыскулов, В.В. Ермаков // Корма из отходов АПК. Техника и технология. – Запорона, 1988. – С. 85-86.

324. *Рязанова О.А.* Использование местного растительного сырья в производстве обогащенных продуктов /О.А. Рязанова, О.Д. Кириличева// Пищ. пром-сть. – 2005. – №6. – С. 72-73.

325. *СанПиН 2.3.2.1078-01.* Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – Новосибирск, 2002. – 206 с.

326. *Сарафанова Л.А.* Применение пищевых добавок: техн. рекомендации. – СПб.: ГИОРД, 2001. – С. 11, 70-87.

327. *Сарафанова Л.А.* Пищевые добавки: энциклопедия. – СПб.: ГИОРД, 2003. – С. 21-25, 40-42, 91-93, 199-201, 283-287.

328. *Свербигус Я.А.* Роль витамина А в обмене марганца: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Черновцы, 1968. – 17 с.

329. *Светлаков Д.Б.* Структурно-механические свойства смесей препаратов каррагинана и галактоманнанов/ Д.Б. Светлаков, Н.В. Гурова, И.А. Попелло, В.В. Сучков// Пища. Экология. Человек: материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 102-103.

330. *Свинец* в окружающей среде. – М., 1978. – 86 с.

331. *Свинец* и здоровье. – М., 2000. – 256 с.

332. *Селен* в жизни человека и животных. – М., 1995. – 242 с.

333. *Симениоди Д.Д.* Биолого-ресурсный потенциал молодняка крупного рогатого скота и свиней в условиях разных экологических зон РСО-Алания: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владикавказ, 2006. – 22 с.

334. *Сироткин А.Н.* Закономерности перехода радионуклидов и тяжелых металлов в системе почва – растение – живот-

ное – продукция животноводства/ А.Н. Сироткин, Е.Г Краснова и др.// Химия в сел. хоз-ве. – 1995. – №4. – С. 16-18.

335. *Сироткин А.Н.* Миграция ТМ в трофической цепи лактирующих коров Подмосковья/ А.Н. Сироткин, С.И. Воронов, И.М. Расин // Докл. РАСХН. – 2000. – №4. – С. 37-39.

336. *Ситун Н.В.* Возможность использования каррагинанов в напитках лечебно-профилактического назначения/ Н.В. Ситун, В.П. Дедюхина, И.М. Ермак// Пищевые биотехнологии: Проблемы и перспективы в XXI веке: тез. докл. Междунар. симпоз. – Владивосток: Изд-во ДВГАЭУ, 2000. – С. 182-184.

337. *Скальный А.В.* Микроэлементозы человека. – 1999. – 96 с.

338. *Скальный А.В.* Микроэлементозы человека: гигиеническая диагностика и коррекция // Микроэлементы в медицине. – 2000. – №1. – С. 2-8.

339. *Скальный А.В.* Диагностика, профилактика и лечение отравлений свинцом/ А.В. Скальный, А.Т. Быков, Б.В. Лимин. – М.: ВЦМК Защита, 2002а. – 52 с.

340. *Скальный А.В.* Микроэлементозы у детей/ А.В. Скальный, Г.В. Язык, Н.Д. Одинаева. – М., 2002 б. – 151 с.

341. *Скурихин И.М.* Все о пище с точки зрения химика: справ. изд. – М.: Высш. шк., 1991. – С. 47, 77-78.

342. *Слободян В.А.* Кадмий и злокачественный рост: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Ивано-Франковск, 1975. – 24 с.

343. *Смирнов А.М.* Животноводству – безопасные корма/ А.М. Смирнов, Г.А. Таланов и др. // Ветеринария. – 1999. – №1. – С. 3-6.

344. *Смоляков А.В.* Влияние пробиотиков на детоксикацию свинца и кадмия в организме цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2006. – 17 с.

345. *Смоляков А.В.* Влияние пробиотиков на детоксикацию свинца и кадмия в организме цыплят-бройлеров: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2006. – 174 с.

346. *Смоляр В.И.* Гипо- и гипермикроэлементозы. – Киев: Здоровье, 1989. – С. 98-108.

347. *Соколов О.А.* Экологическая безопасность и устойчивое развитие: атлас распределения ТМ в объектах окружающей среды/ О.А. Соколов, В.А. Черников. – Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.

348. *Соколова В.М.* О возможности применения водорослевых гидроколлоидов для получения эмульсионных препаратов/ В.М. Соколова, С.В. Талабаева // Пища. Экология. Человек. – М., 2001. – С. 87.

349. *Солдатова Г.С.* Эффективность пребиотика «Пектолакт» у больных с синдромом раздраженного кишечника / Г.С. Солдатова, Т. Н. Головырина, О.Н. Саксонова// Материалы съезда гомеопатов России. Секция БАД. – Новосибирск, 1999. – С. 32-35.

350. *Сорока В.Р.* Кадмий и металлотионин/ В.Р. Сорока, В.П. Анисимова и др. – Донецк: ДГМИ, 1991. – С. 10.

351. *Сорокина А.А.* Влияние комплексообразователей на поведение Mn, Cu, Fe и Pb в организме при хронической свинцовой интоксикации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Донецк, 1972. – 24 с.

352. *Сотникова Е. П.* Защитная роль биогенных препаратов при токсических поражениях печени //Фармакология и токсикология: респ. межвед. сб. – Киев: Здоровье, 1987. – Вып. 22. – С. 78-80.

353. *Спринчак Д.В.* Получение экологичной продукции в агробиоценозах/ Д.В. Спринчак, Т.И. Бокова // Докл. III Междунар. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, 2004. – Т.2.

354. *Спринчак Д.В.* Детоксикация тяжелых металлов (свинца и кадмия) в системе почва – растение – животное: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2005. –22 с.

355. *Стадницкий Г.В.* Экология: учеб. для вузов. – 7-е изд. – СПб: Химиздат, 2002. – 288 с.

356. *Станкевич С.В.* Серосодержащие препараты в получении безопасной продукции птицеводства/ С.В. Станке-

вич, И.И. Бочкарева, К.Я. Мотовилов, Т.И. Бокова // Вестн. Алт. ГАУ. – 2007. – №8. – С. 42-43.

357. *Степанов К.М.* Антагонистическая и адгезивная активность микроорганизмов, используемых в качестве пробиотиков: дис. ... канд. биол. наук. – М., 1998. – 24 с.

358. *Субботин В.В.* Лечим бактериями//Приусадеб. хозяйство. –1996. –№8. – С. 23-30.

359. *Субботин В.В.* Биотехнология пробиотиков ветеринарного назначения/ В.В. Субботин, М.А. Сидоров //Аграр. наука. – 1998. – №3. – С. 13-24.

360. *Талабаева С.В.* Изучение свойств гидрогелей каррагинана – основы для производства продуктов различного назначения/ С.В. Талабаева, И.А. Кадникова // Пища. Экология. Человек. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 73.

361. *Тамова М.Ю.* Оценка связывающей способности различных пектинов по отношению к ионам меди и кобальта/ М.Ю. Тамова, Т.Б. Починок, Т.С. Булыгина // Пищевая технология. – 2002а. – № 2-3. – С. 23-24.

362. *Тамова М.Ю.* Физико-химические свойства каррагинана – пищевой добавки из красных водорослей/ М.Ю. Тамова, Е.В. Барашкина, Г.И. Касьянов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2002б. – №4. – С. 18-19.

363. *Тамова М.Ю.* Влияние некоторых факторов на явление синерезиса в гелях каррагинана/ М.Ю. Тамова, Е.В. Барашкина, Г.И. Касьянов // Пищевая технология. –2002в. – №5-6. – С. 41-42.

364. *Тамова М.Ю.* Композиционные натуральные структурообразователи для продуктов функционального назначения/ М.Ю. Тамова, Г.И. Касьянов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №7. – С. 47-48.

365. *Теплякова Т.В.* Сертификация сельскохозяйственной продукции/ Т.В. Теплякова, К.Я. Мотовилов, Н.В. Суслов. – Новосибирск, 1998. – 195 с.

366. *Тинсли И.В.* Поведение химических загрязнителей в окружающей среде. – М.: Мир, 1982. – 280 с.

367. *Типсина Н.Н.* Мелкоплодные яблоки Сибири в кондитерских изделиях пищевой промышленности и массовом питании. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1998. – 103 с.

368. *Токарева И.В.* Селекция облепихи на улучшение биохимического состава плодов в НИИ садоводства Сибири // Материалы науч.-метод. конф. объединенного и проблемного советов по селекции и семеноводству с.-х. культур в Сибири. – Красноярск, 2001. – С. 144-146.

369. *Трахтенберг И.М.* Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты/ И.М. Трахтенберг, В.С. Колесников, В.Р. Луковенко. – Минск: Наука и техника, 1994. – С. 285.

370. *Тригуб В.В.* Свинец в компонентах экосистем Горного Алтая: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 20 с.

371. *Трофимов Т.И.* Облепиха/ Т.И. Трофимов, Е.П. Кийко. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 112 с.

372. *Тутельян В.А.* Токсические вещества пищи и степень их опасности для здоровья человека// Вопросы питания. – 1983. – №6. – С. 10-17.

373. *Тутельян В.А.* Питание и процессы биотрансформации чужеродных веществ/ В.А. Тутельян, Г.И. Бондарев. – М.: АН СССР, 1987. – 210 с.

374. *Тутельян В.А.* Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе/ В.А. Тутельян, В.А. Княжев, Н.А. Голубкина. – М. – 2002. – 224 с.

375. *Тютиков С.Ф.* Анализ распространения ТМ в биологических объектах и окружающей среде// Вестн. РАСХН. – 2000. – №2. – С. 49-51.

376. *Тяжелые металлы в окружающей среде: материалы Междунар. симпоз.* – Пущино, 1997. – 321 с.

377. *Тяжелые металлы в окружающей среде.* – М.: МГУ, 1980. – 132 с.

378. *Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей*

среде: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Семипалатинск, 2000. – 408 с.

379. *Уразаев Н.А.* Эндемические болезни сельскохозяйственных животных. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 160-162.

380. *Уразаев Н.А.* Биогеоценоз и патология сельскохозяйственных животных/ Н.А. Уразаев, Г.П. Новошинов, В.Н. Локтионов. – М., 1985. – 175 с.

381. *Урьяш В.Ф.* Изучение процесса сорбции свинца и кадмия продуктами из растительного сырья/ В.Ф. Урьяш, А.Е. Груздева, В.А. Маслова и др. //Хранение и переработка с.-х. сырья. – 1998. – №3. – С. 41.

382. *Урьяш В.Ф.* Изучение процесса сорбции ТМ хитином из грибов вешенка/ В.Ф. Урьяш, В.А. Маслова и др. // Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999а. – С. 260-262.

383. *Урьяш В.Ф.* Изучение сорбции свинца и кадмия рядом продуктов из растительного сырья/ В.Ф. Урьяш, А.Е. Груздева, В.А. Маслова и др. // Химия, технология, промышленная экология неорганических соединений. – 1999б. – №2. – С. 56-59.

384. *Устенко В.В.* Миграция свинца в цепи почва – растение – животное и влияние на некоторые показатели биосинтеза гема: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1982. – 24 с.

385. *Уэйн Дж. Сэндер.* Использование альгинатов для выведения радионуклидов/ Уэйн Дж.Сэндер, Джон К. Бэйрд, Артур У.Уэйз // Заседание американского общества ядерной физики: докл. – Даллас, 1987. – С. 10.

386. *Федотов А.А.* Концентрация ТМ в рационах свиней на откорме и их переход в органы и ткани: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новгород, 1996. – 30 с.

387. *Фидельман Ф.М.* Распределение свинца в крови у рабочих при хроническом профессиональном воздействии и у кроликов при экспериментальном сатурнизме: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Свердловск, 1974. – 24 с.

388. *Флоринский М.А.* Селен и окружающая среда/

М.А. Флоринский, Е.В. Седова // Агрохимия. – 1992. – №5. – С. 122-129.

389. *Фомичёв Ю.П.* Некоторые аспекты производства экологически безопасной продукции животноводства и охраны окружающей среды // Аграр. Россия. – 2000. – №5. – С. 5-11.

390. *Хасина Э.И.* Влияние альгиновой кислоты из бурой водоросли *Laminaria Cichorioides* на физическую активность экспериментальных животных/ Э.И. Хасина, Е.Е. Требухов, О.Н. Золотухина // Биология моря. – 2001. – №3. – С. 221-224.

391. *Хасина Э.И.* Новые аспекты влияния полисахаридов на резистентность организма/ Э.И. Хасина, М.И. Сгребнева// Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – М.: Изд-во БелГУ, 2004. – С. 173-176.

392. *Хенниг А.* Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1976. – 420 с.

393. *Химическая энциклопедия*/ гл. ред. И.Л. Кнунянц. – М., 1998. – Т.2. – С. 108, 658.

394. *Химические* элементы и аминокислоты в жизни растений, животных и человека. – Киев: Наук. думка, 1979. – 280 с.

395. *Химия* биологически активных природных соединений / под ред. Н.А. Преображенского, Р.П. Евстигнеевой. – М.: Химия, 1976. – С. 63.

396. *Хмельницкий Г.А.* Ветеринарная токсикология. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 151-154.

397. *Хмельницкий Г.А.* Терапия животных при отравлениях. – Киев: Урожай, 1990. – 214 с.

398. *Холод В.М.* Справочник по ветеринарной биохимии / В.М. Холод, Г.Ф. Ермолаев. – Мн.: Ураджай, 1988. – С. 43-44, 54, 57, 60, 73.

399. *Хотунцев Ю.Л.* Экология и экологическая безопасность: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Академия, 2002. – 480 с.

400. *Хьюз М.* Неорганическая химия биологических процессов. – М.: Мир, 1983. – 414 с.

401. *Хэммонд П.Б.* Токсичность иона металла в организме человека и животных/ П.Б. Хэммонд, Э.К. Фолкс // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – С. 131-165.

402. *Царева Е.А.* Облепиха – продукт для профилактического питания // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы Всерос. студ. науч. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – Ч. 2 – С. 11-12.

403. *Чайка П.А.* Применение пектинов и некоторых микроэлементов для профилактики хронических отравлений свинцом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Киев, 1966. – 20 с.

404. *Чебукина Е.Н.* Экологические аспекты производства мясных продуктов / Е.Н. Чебукина, А.М. Золотарёва и др. // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 1998. – №3. – С. 43.

405. *Черников В.А.* Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; под ред. В.А. Черникова. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

406. *Черных Н.А.* Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва – растение при различной антропогенной нагрузке: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1995. – 39 с.

407. *Чулкова Н.А.* Каррагинаны Лемикс для мясных продуктов / Н.А. Чулкова, Н.В. Гурова // Пищ. пром-сть. – 2004. – №5. – С. 92-93.

408. *Шайкин В.И.* Оценка антитоксических свойств природных цеолитов и бентонитов при свинцовой интоксикации/ В.И. Шайкин, Т.Н. Давыдова, С.В. Слайкин // Эпизоотология, диагностика, профилактика и меры борьбы с болезнями животных. – Новосибирск, 1997. – С. 329-332.

409. *Шайкин В.Г.* О яблоне и яблоках. – М.: ОЛМА – ПРЕСС, 2001. – 336 с.

410. *Шакирова С.С.* Содержание тяжелых металлов в

зоне выбросов Южно-Уральской ГРЭС и ветеринарно-санитарная экспертиза молока: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Троицк, 1998. – 20 с.

411. *Шапошников А.А.* Сорбенты для снижения уровня токсичных веществ в организме животных и их продукции / А.А. Шапошников, Н.А. Мусиенко // Зоотехния. – 1996. – № 8. – С. 17-19.

412. *Швыдков А.Н.* Использование кормовых добавок для детоксикации антропогенных загрязнителей в организме цыплят-бройлеров/ А.Н. Швыдков, Т.И. Бокова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – №1. – С. 122-125.

413. *Шелухина Н.П.* Научные основы технологии пектина / АН КиргССР. Ин-т орган. химии. – Фрунзе: Илим, 1988. – 169 с.

414. *Шемчук В.Р.* Некоторые показатели крови сельскохозяйственных животных при экспериментальном отравлении свинцом и лечении комплексообразователями: автореф. дис ... канд. вет. наук. – Львов, 1966. –18 с.

415. *Шепотько А.О.* Свинец в организме животных и человека/ А. О. Шепотько, В. А. Дульский // Гигиена и санитария. – 1993. – №8. – С. 70-73.

416. *Щербинин А.А.* Антацидные и сорбционные свойства грибного порошка из вешенки обыкновенной/ А.А. Щербинин, В.В. Соловьева, А.В. Забелина // Вопросы питания. – 1999. – №5-6. – С. 23-25.

417. *Шкиль Н.А.* Эффективность детоксикации организма лабораторных животных растительными экстрактами при экспериментальном токсикозе/ Н.А. Шкиль, И.В. Васильцова, Т.И. Бокова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – №10 – С. 65-70.

418. *Шубина Л.И.* Исследование влияния витамина D на кальцификацию костной ткани: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1970. – 22 с.

419. *Эйхенбергер Э.* Взаимосвязь между необходимостью и токсичностью металлов в водных экосистемах// Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – С. 62-87.

420. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: Мир, 1993. – С. 12.
421. Экологическая химия/ под ред. Ф. Корте. – М.: Мир, 1997. – 396 с.
422. Ягодин Б.А. Тяжелые металлы и здоровье человека // Химия в сел. хоз-ве. – 1995. – №4. – С. 18-20.
423. Abdull M. New aspect on the distribution and metabolism of essential trace elements after dietary exposure to toxic metals/ M. Abdull, I. Chmielnicka // Biol. Trace elements res. – 1989. – Vol. 12, №23. – P. 25-53.
424. Bagnery S. Effect of wheat bran and pectin on the absorption and retention of phosphorus, calcium, magnesium and zinc by the growing pig / S. Bagnery, L. Cineguen // Redrod. Nutr. Develop. – 1985. – Vol. 25, №4A. –P. 705-716.
425. Barltrop O. Nutritional and maturational factors modifying the absorption of inorganic lead from the gastrointestinal tract // Environ. Factors Hum. Growth and Develop. 1-4 Nov. 1981. – N.Y., 1982. – P. 35-41.
426. Barry P.S. Lead concentration in human tissues / P.S. Barry, D.B. Mossman // Brit. J. Ind. Med. –1970. – Vol. 27. – P. 339.
427. Barton F.C. Effects of vitamin D on the absorption and retention of lead/ F.C. Barton, M.E. Conrad, L. Harrison, S. Nuby // Amer. J. Physiol. –1980. – Vol. 238, № 2. – P. 124-130.
428. Barton J.C. Effect of calcium on the absorption and retention of lead // J. Lab. Clin. Med. – 1978. – Vol.91, № 3. – P. 366-376.
429. Barton J.C. Effects of iron on the absorption and retention of lead / J.C. Barton, M.E. Conrad // J. Lab.Clin.Med. –1978. – Vol. 92, № 4. – P. 536-547.
430. Barton J.C. Iron, lead and cobalt absorption similarities and dissimilarities / J.C. Barton, M.E. Conrad, R. Holland // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. – 1981. – Vol. 166. – P. 64-69.
431. Barton J.C. Effects of vitamin D on the absorption and retention of lead. / J.C. Barton, M.E. Conrad, L. Harrison, S. Muby // Amer. J. Physiol. – 1980. – Vol. 238, №2. –P. 124-130.

432. *Benes B.* The concentration level of Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in blood of the population//Cent. Eur. J. Public Health. – 2000. – Vol. 5. – P. 9-117.

433. *Bernadette Mariott.* Functional foods: an ecological perspective //Am. J. Clin. Nutr. – 2000. – № 7-1(suppl). – P. 34.

434. *Bersin Th.* Biochemie der Mineral und Spurelemente.- Akad. Verlagsgesellschaft.- Frankfurt am Main, 1967. – 91 s.

435. *Browning E.* Toxicity of industrial metals. – London: Butterworths, 1961. – P. 14.

436. *Bryon C.W.* The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. – Praz. Roy Soc. London, 1971. – Vol. 5, №177. – P. 389-410.

437. *Burtis C.A.* Tietz textbook of clinical chemistry/ C.A. Burtis, E.R. Ashwood (eds.). – Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo: W.B. Saunders Company, 1999. – P. 982-1054.

438. *Cadmium in der Umwelt* // Galvano techn. –1988. – Bd. 79, №12. – S. 166-167.

439. *Calabrese E.J.* Nutrition and environmental health: the influence of nutritional status on pollutant toxicity and carcinogenic. – Vol.1: The vitamins. – N.Y., 1980. – 364 p.

440. *Castellino N.* Kinetics of the distribution and excretion of lead in the rat / N. Castellino, S. Aloj // Brit. J. Ind. Med. – 1964. – Vol. 21. – P. 308.

441. *Castellino N.* Biliary excretion of lead in the rat / N. Castellino, P. Lamann, B. Grieco // J. Ind. Med. – 1966. – Vol.23. – P. 237.

442. *Cherian M.J.* Metabolism potential toxin effect of metallothionein.// Experientia. – 1979. – Vol. 9. – P. 365-387.

443. *Chowdhury B.A.* Biological and health implication of toxic heavy metal and essential trace element interactions / B.A. Chowdhury, R.K. Chandra// Prog. Food Nutr. Sci. –1987. – Vol.11 (1). – P. 55-113.

444. *Combs D.K.* Mineral concentration hair as indicator of mineral status / D.K. Combs, R.D. Goodrich, J.C. Meiske // J.Anim. Sci. –1982.– Vol. 54, № 2. – P. 391-398.

445. *Corril L.S.* Occurrence, physiological effects and toxicity of heavy metals/ L.S. Corril, J.E. Haff // J. Environ. Health Perspect. – 1976. – Vol.18, № 12. – P. 181-183.

446. *Croppel B.* Vergleichende Untersuchungen über den mangan – Zink – und cadmium stoff wechsel kleiner Wiederkauer bei unterschied – licher versorgung mit diesen elementen. – Diss., Jena, 1969.

447. *Denbou D.* Factors affecting meat quality//49th Annu. Nat. breeders roundtable proc. – 2000. – S.I. – P. 34-48.

448. *Doganoc D.Z.* Distribution of lead, cadmium and zinc in tissues of hens and chickens from Slovenia //Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 1996. – P. 932-937.

449. *Doyle J.J.* Toxic and essential trace elements in meat – a review. / J.J. Doyle, J.E. Spaulding //J. of Animal Sci. – 1978. – Vol. 47, № 2. – P. 398 – 419.

450. *Doyle M.J.* Stabilisation of amphibian and mammalian liver nuclei by zinc and other metal ions/ M.J. Doyle, M.P. Price, E. Friedem //Comp. Biochem. Physiol. –1981.– Vol. 680 – P. 115-120.

451. *Dulka J.J.* Ultratrace metals in some environmental and biological system/ J.J. Dulka, T.H. Risby // Anal. Chem. – 1976. – Vol. 48, № 8. – P. 640A-653A.

452. *Eichorn G.L.* The effect of metal ions on the structure a nucleic acids. // Bionorg. Chem. – 1974.

453. *Ewers U.* Lead // Metals and Their Compounds / U. Ewers, H. W. Schlipkoeter /Environ.: Occurenca, and Biol. Relavance. – Weinheim etc., 1991. – P. 971-1014.

454. *Filov V.A.* Quantitative Toxicology/ V.A. Filov et al. – N.Y.: Willy, 1979. – 462 p.

455. *Fischer A.B.* Testing of chelating agent and vitamins against lead toxicity using mammalian cell cultures/ A.B. Fischer, C. Hess //Analist. –1998. – Vol.123, №1. – P. 55-58.

456. *Fox M. R.* Nutritional factors that may influence bioavailability of cadmium//J. Environ. Qual. –1988. – Vol.17. – №2. – P. 175-180.

457. *Frances M. Turner*. Cadmium poisoning. – Harwell, Berkshire, 1954. – P. 18.
458. *Friberg L.* Handbook on the toxicology of metals/ L. Friberg, G. Nordberg, V. Vouk. – Amsterdam, 1979. – 128 p.
459. *Friberg L.* Cadmium in the enviroment./ L. Friberg Et al. – 2d ed. – Cleveland: CRC Press, 1974.
460. *Fullmer C.S.* Lead binding Properties of intestinal calcium-binding proteins//The Jor. of Biol. Chem. – 1999. – Vol.260, №11. – P. 6816-6819.
461. *Gallers R.M.* Chemical cycles and the global environment / R.M. Gallers, F.T. Machenzie, C. Hunt. – William Kaufmann Inc., Los Altos, California, 1975. – 206 p.
462. *Ganter H.E.* Biochemistry of selenium//Selenium. – Ney York:Van Norsrand, 1974. – P. 546.
463. *Gerber P.* Prutective effect of seaweed extracts for chicken embryos infected with influenza B and mumb virus/ P. Gerber, J.D. Dutcher, E.V. Adams, J.H. Sherman // Proc. Soc. Exp. Biol. and Med. –1958. – Vol. 99. – P. 500-503.
464. *Gut J.* Industrial and environmental xenobiotics/ J. Gut, M. Cikrt, G. Plao. – Berlin: Springer-Verlag, 1984. – 156 p.
465. *Hamer De.H.* Heavy metals and gene regulation // Jap. J. Toxicol. and Environ. Health. – 1993. – Vol.39, № 2. – P. 32–33.
466. *Hardiman R.* Absorption and translocation of Cd in bush beans/ R. Hardiman, B. Yacoby // Physiologia Plantarum. – 1987. – Vol.61, №4. – P. 670-674.
467. *Helmut S.* Metal ions in biological systems. – New York, 1986. – P. 84-92.
468. *Heo Y.* In vivo the environtmental pollutants lead and mercury induce oligocinonal T cell responses skewed toward type-2 reactivities / Y. Heo, W.T. Lee, D.A. Lawrence // Cell Immunol. – 1997. – Vol.179, №2. – P. 185-195.
469. *Hill C.H.* Correlation between some parameters intestinal calcium absorption and calcium intak // J. Nutr. – 1979. – Vol.4. – P. 501-507.

470. *Jamall I.S.* Effects of cadmium on glutathione peroxidase, Superoxide dismutase, and lipid peroxidation in the rat heart / I.S. Jamall, J.C.Smith //Arch. Toxicology. – 1985. – Vol.56. – P. 252-255.

471. *Kaul B.* Lead, Erythrocyte protoporphyrin and ferritin levels in cord blood / B. Kaul, B. Davidow // Arch. Environ. Health. – 1983. – Vol. 38, № 5. – P. 296-300.

472. *Kefala V.I.* Biosorption ions of cadmium Actinomy-cetes and / V.I. Kefala, K.A. Matis // Environ. Pollut. –1999. – Vol.104, №2. – P. 283-293.

473. *Kehoe R.A.* Normal metabolism of lead // Arch. Env. Health. – 1964. – Vol. 8. – P. 232.

474. *Kehoe R.A.* Standarts for the prevention of occupational lead poison-ing //Arch. Env. Health. –1971. – Vol. 23. – P. 245.

475. *Kieffer F.* Metals as essential trace elements for plants, animals and humans//Metals and their Compounds Environ. – Weinheim 1. –1991. – P. 481-489.

476. *Kirchgessner M.* Konzentrationen verschiedener Stoffwechselmetaboliten in experimentellen Bleimangel./ M. Kirchgessner, A.M. Reichlmayr-Lais //Ann. Nutrition Metabolism. – 1982. – Bd. 26, №1. – S. 50-55.

477. *Landrigan P.J.* Lead poisoning // Mount Sinai J. Med. – 1995. – Vol. 62, № 5. – P. 360-364.

478. *Lead in the Human Environment.* – Washington: National Ac. of Sci. – 1980. – P.150.

479. *Levander O.A.* Effect of food intake on lead absorption // Environ. Health Respect. – 1979. – Vol. 29. – P. 115-125.

480. *Mahaffey R.* Toxicity of lead, cadmium and mercury // Bull. N.Y. Acad.Med. – 1984. – Vol. 60, № 2. – P. 196-209.

481. *Maxwell L.C.* The reaction of lead with constituence of the erythrocytes/ L.C. Maxwell, F. Bischoff // J. Pharm. Ep.Ther. – 1992. – Vol. 37. – P. 413.

482. *Miller E.R.* Techiques for detecmining bioavailabiliti of trace elements // 6th Aun.Intern.Mineral Conf. S.-Pb., Florida. – 1983. – P. 23-40.

483. *Morris V.J.* New and modified polisacharides in: Food Boitechnology – 1, Eds: R.O.King, P.C.J. Cheetham, Elsevier Applied Science. – London – New York, 1987. – 321 p.
484. *Moxon A.L.* Selenium in agriculture/ A.L. Moxon, O.E. Olson // Selenium. – New York: Van Nostrand, 1974. – P. 675.
485. *Muir D.C.G.* Arctic marine ecosystem contamination/ D.C.G. Muir, R. Wagemann, V.T. Hargrave, S.D. Thomas, D.B. Peakall, R.T. Norstrom // Sci. Environ. – 1992. – Vol. 122. – P. 75-134.
486. *Nielsen F.H.* The ultratrace elements // Trace Minerals in Foods. – N.Y.: Marcel Dekker, 1988. – P. 357-428.
487. *Nriagu O.* Metal pollution//Environment. – 1990. – Vol. 32, №7. – P. 7-11.
488. *O'Dell B.L.* Bioavailability of trace elements // Nutrit. Rev. – 1984. – Vol. 42, № 9. – P. 301-308.
489. *Pacyna D.M.* Emission and long-range transport of trace-elements in Europe/ D.M. Pacyna, D.E. Hanssen //Tellus. – 1984. – Vol.36, №3. – P. 163-178.
490. *Pazirandeh M.* Удаление ТМ с использованием иммобилизованной биомассы, полученной от генетически модифицированных бактерий/ M. Pazirandeh, S. Bang // Abstr. 99th Gen. Meet. Amer. Soc. Micro-biol., Chicago, III. – Washington, 1999. – P. 593-594.
491. *Phipps D.A.* Metals and Metabolism. – Oxford : Cl.press, 1976. – 134 p.
492. *Piskator M.* Cadmium and hypertension//Lancet. –1976. – Vol. 2, №7981. –P. 370-371.
493. *Pritzl M.C.* The effect of dietary cadmium on development of young chickens/ M.C. Pritzl, Y.H. Lie, E.W. Keinholz, C.E. Whiteman //Poult. Sci. – 1974. – Vol. 53. – P. 2026-2029.
494. *Rabinowitz M.B.* Effect of food intake and fasting on gastroin-testinal lead absorption in human / M.B. Rabinowitz et al. // Amer. J. Clin. Nutr. –1980. – Vol.33, № 8. – P. 1784-1788.
495. *Reinhold J.G.* Effects of purified phytate and phytate-rich bread upon metabolism of zinc, calcium, phosphorus, and

nitrogen in man./ J.G. Reinhold et al. // Lancet. – 1973. – № 1. – P. 283-288.

496. *Rudio C.* Toxicologia del plomo y su presencia en los alimentos/ C. Rudio, A.Handisson // Alimentaria. – 1999. – Vol. 361, №305. – P. 77-85.

497. *Satarug S.* Safe levels of cadmium intake to prevent renal toxicity in human subjects / S. Satarug, M.R. Haswell-Elkins, M.R. Moore // Br. J. Nutr. – 2000. – Vol.84, №6. – P. 791-802.

498. *Savory J.* Trace metals essential nutrients or toxins/ J. Savory, M. Wills //Conf. Clin. Chem. –1992. – Vol. 38, Pt.2. – P. 1565-1573.

499. *Schrauzer G.* Effect of selenium antagonistson cancer susceptibility: neu aspect of chronic heavy metal toxicity// J. UOEH. –1987. – Vol. 3, №20. – P. 15-208.

500. *Schroeder H.A.* The poisons around us: Toxic metals in food, air and water. - London: Ind.Univ. Press, 1974. – P. 215.

501. *Schwarz K.* Potential essentiality of lead// Archiv. Industr. Hyg. Toxicol. – 1975. – Vol.26. – P. 13.

502. *Shils M.E.* Modern nutrition in health and disease./ M.E. Shils, J.A. Olson, M. Shike (ed). – Philadelphia, Baltimore, Hong Kong, London, Munich, Sydney, Tokyo: A Waverly Company. – 1994. – Vol.1. – P. 112-286.

503. *Shimada Tacamichi.* /Effect of cadmium on zinc metabolism in the mouse //Environ: Med. – 1992. – P. 79 – 82.

504. *Smith C.M.* Stimulation of lead absorption by vit. D / C.M. Smith, H.F. De Luca, Y. Tanaka, K. Mahaffey // J. Nutr. – 1978. – Vol. 108, № 5. – P. 843-847.

505. *Spencer H.* Exposure to lead ... // J. Trace Elem. Exp. Med. – 1995. – Vol. 8, № 3. – P. 163-171.

506. *Steigman A.* All Dietary Fiber is fundsmentally functional // Cereal foods warld. – 2003. – Vol. 48, № 3. – P. 128-132.

507. *Stevenson F. J.* Stability constants of Cu 2+, Pb 2+, Cd 2+ - com-plexes with humic acids // Soil Sci. Soc. Amer. J. – 1976. – Vol.40, № 5. – P. 665.

508. *Stevenson F.J.* Reactions with organic matter / F.J. Stevenson, A. Filch // Copper in soils and plants. – N.Y.: Acad. Press, 1981. – P. 264.

509. *Stoepeer Marcus.* Cadmium //Metals and their compounds environ: Occurrence, Analysis and Biol. Revevance. – Weinheim etc., 1991. – P. 803 – 851.

510. *Stooks R.* Zinc and copper content of soils associated with the incidence of cancer of the stomach and other organs / R. Stooks, R. I. Davies// Brit. J. Cancer. –1964. – № 1. – P. 22.

511. *Sutton A.* Reduction of strontium absorption in man by the addition of alginate to the diet// Nature. –1967. – Vol. 216. – P. 1005–1007.

512. *Svensson B.G.* Acidic deposition and exposure to toxin metals/ B.G. Svensson A. Bjornham, A. Schutz, U. Lettevall, A. Nilsson, S. Skerfving // Sci. Total Environ. – 1987. – Dec; Vol. 67(2-3). – P. 101-15.

513. *Telisman S.* Interaction of essential and/ or toxic metals and metalloid regarding interindividual differences in susceptibility to various toxicants and chronic diseases in man.// Arh. Hig. Rada Toxicol. – 1995. – Dec; Vol. 46 (4). – P. 459-476.

514. *Terry M.* Safety of 25-hydroxyvitamin D₃ in layer poultry feed/ M. Terry, M. Lanenga, J.L. McNaughton, L.E. Stark // Veter. hum. Toxicol. –1999. – Vol.11, № 5. – P. 312-316

515. *Uminska R.* Selenium in human environment. –1990. – Vol. 41. – P. 25-34.

516. *Vallee B.L.* Biochemical effects of mercury, cadmium and lead / B.L. Vallee, D.B. Ulmer // Amr. Rev. Bioch. – 1972. – Vol. 41. – P. 91.

517. *Vendelang S.* Absorption and metabolism of selenium compounds by vascularly perfused rat smaal intestine/ S.Vendelang, M. Beilstein //Selenium in Biology and Medicine. – Tennessee, 2000. – P. 113.

518. *Wade M.G.* Environmental transformation of toxic metals./ M.G. Wade, B.K. Davis, G.S. Carlisle, A.K. Klein,

L.M. Valoppi //Occup. Med. – 1993. – Jul- Sep, Vol. 8(3). – P. 574-601.

519. *Warren S.* The effect of vitamin E exposure on cadmium toxicity in mouse embryo cells in vitro/ S. Warren, S. Patel, C.M. Capron // Toxicol. – 2000. – Vol. 142, №2. – P. 119-126.

520. *Wasserman R.V.* Vitamin D-inducel calcium-binding protein from isolated cells / R.V. Wasserman, A. N. Taylor // Science. – 1966. – Vol. 152, № 3723. – P. 791-793.

521. *Whanger P. D.* Selenium in the treatment of heavy metal poisoning and chemical carcinogenesis// J. trace element. – 1992. – №6. – P. 209-221.

522. *Wilberg C.G.* Toxicology of selenium: a review//Clin. Toxicol. – 1980. – Vol. 2, №17. – P. 71-230.

523. *Witt H.J.* Carrageenan, Nature is most versatile hydrocolloid // Biotechnology of marin polysaccharides / Ed. R. Colwell. – Washington; New York; London. – 1985. – P. 345-363.

524. *Witter Ernst.* Строение почвенных микробных сообществ и их устойчивость к ТМ через шесть лет после прекращения использования осадков сточных вод/ Witter Ernst., Gong Ping. // Environ. Toxicol. and Chem. – 2000. – Vol. 19, №8. – P. 1983-1991.

525. *Wood J.M.* Biological cycles for toxic elements in the environment //Science. – 1974. – Vol. 183, № 4129. – P. 1049 -1052.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	6
1. Влияние антропогенных факторов на живые организмы в лабораторных условиях	8
1.1. Тяжелые металлы как экологический фактор	8
1.2. Биологическая роль тяжелых металлов в организме животных.....	18
1.3. Свинец и кадмий как микроэлементы	31
2. Корма как основной источник поступления тяжелых металлов в организм животных.....	66
3. Способы инактивации антропогенных загрязнителей в организме животных и человека.....	74
3.1. Уменьшение токсического действия тяжелых металлов в организме животных.....	74
3.2. Способы повышения экологичности функциональных продуктов.....	88
3.2.1. Растительные полисахариды как фактор создания экологичных продуктов.....	88
3.2.2. Компоненты пищевых продуктов, способствующие детоксикации тяжелых металлов	110
4. Витамины и их влияние на минеральный обмен	136
5. Классификация детоксикантов тяжелых металлов.....	155
5.1. Детоксиканты минерального происхождения.....	155
5.2. Детоксиканты синтетического происхождения	157
5.3. Детоксиканты биологического происхождения.....	160
5.4. Детоксиканты растительного происхождения	161
5.5. Детоксиканты комбинированного происхождения	167
6. Экологические подходы к созданию продуктов функционального назначения	171
6.1. Повышение экологической безопасности продукции птицеводства	171
6.2. Природные полисахариды как компоненты экологичных продуктов питания.....	200
6.3. Использование плодово-ягодных гомогенатов при создании продуктов функционального назначения	212
Заключение	232
Библиографический список	235

Бокова Татьяна Ивановна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИННОВАЦИОННОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Редактор Т.К. Коробкова
Компьютерная вёрстка Т.А. Измайлова

Подписано в печать 6 декабря 2011 г. Формат 60х84 $\frac{1}{16}$.
Объем 17,7 уч.-изд. л., 13,8 усл. печ. л.
Тираж 300 экз. Изд. № 138. Заказ № 384.

Отпечатано в издательстве
Новосибирского государственного аграрного университета
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru