

На правах рукописи

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр биологических систем и  
агротехнологий Российской академии наук»  
(ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН)

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б1.В.ДВ.01.01 Научные основы продовольственной безопасности»*

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

36.04.02 ЗООТЕХНИЯ

(код и наименование направления подготовки)

Питание сельскохозяйственных животных и кормопроизводство  
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Методические указания рассмотрены и утверждены в отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. проф. С.Г. Леушина  
Протокол № 1 от «10» января 2020 г.

Зав. отделом, д.б.н.  Г.К. Дускаев

Оренбург 2020

**Научные основы продовольственной безопасности** метод. указания по выполнению практических занятий для магистров направления подготовки 36.04.02 Зоотехния /Сост.: д.б.н. С.В. Лебедев // ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. – Оренбург, 2020 – 19 с.

Методические указания по выполнению практических занятий составлены в соответствии с программой дисциплины и предназначены для студентов направления подготовки 36.04.02 Зоотехния. Методические указания содержат краткое описание о ведомственном и правовом контроле за безопасность сырья и продуктов животного происхождения, о концепциях продовольственной безопасности России. Также, о токсических веществах, образующихся при технологической обработке продовольственного сырья и хранении пищевых продуктов; принципы оценки безопасности сырья, пищевых добавок и методы их определения.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ	5

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Б1.В.ДВ.01.01 *Научные основы продовольственной безопасности*» направление подготовки 36.04.02 ЗООТЕХНИЯ, ориентирована на формирование у студентов системы знаний, умений и навыков необходимых для производственно-технологической, проектной и исследовательской деятельности в области технологий продуктов питания животного происхождения. Задачами изучения дисциплины являются формирование у студентов представления о ведомственном и правовом контроле за безопасностью сырья и продуктов животного происхождения, о концепциях продовольственной безопасности России. Студент должен знать о токсических веществах, образующихся при технологической обработке продовольственного сырья и хранении пищевых продуктов; принципы оценки безопасности сырья, пищевых добавок и методы их определения. Умел применять на практике базовые знания теории и проводить исследования с использованием современных технологий при решении профессиональных задач с целью выявления болезней животных различной этиологии. По каждой теме предусмотрены: минимум теоретического материала, ход выполнения работы, перечень необходимого оборудования и реактивов, пример расчета, форма записи, вопросы для самоконтроля и список литературы.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

### КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ (2 часа)

*Цель работы:* закрепить знания о безопасности пищевых продуктов, пищевых инфекциях и отравлениях и усвоить их основные отличительные признаки.

*Задачи работы:*

1. Понятие качества продукции. Составляющие качества.
2. Классификация вредных чужеродных веществ пищи и основные пути их попадания в пищевые продукты.
3. Определение микробиологической безопасности пищевых продуктов.
4. Показатели токсичности веществ. Токсичные элементы. Радиоактивное загрязнение.

*Перечень приборов, материалов, используемых на практическом занятии:* видеофильмы, слайды.

*Описание работы:*

#### **1. Понятие качества продукции. Составляющие качества.**

Под качеством продукции понимается целостная совокупность ее потребительских свойств, обуславливающих степень пригодности данной продукции удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением в фиксированных условиях потребления.

Качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. Для оценки качества продукции при ее создании, испытании, сертификации, покупке и потреблении используются показатели качества.

К ним относятся следующие единичные показатели:

1. Показатели назначения – технико-экономические (производительность, мощность, точность работы и другие, характеризующие приспособленность продукции для использования по назначению и обуславливающие область ее применения).

2. Показатели надежности и долговечности. Надежность – это свойство изделия выполнять свои функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность изделия характеризуется безотказностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью, долговечностью. Долговечность – это свойство изделия длительно (с возможным перерывом на ремонт) сохранять работоспособность до установленного предельного состояния, которое устанавливается в зависимости от условий обеспечения безопасности и экономической целесообразности. Показатели долговечности – технический ресурс (суммарная наработка изделия за период эксплуатации) и срок службы.

3. Показатели технологичности характеризуют изделие как объект изготовления и эффективность конструктивно-технологических решений (материалоемкость изделия, трудоемкость изготовления и т. д.).

4. Эстетические показатели характеризуют внешний вид изделия (оригинальность, гармоничность и др.).

5. Эргономические показатели качества характеризуют изделие как элемент системы «человек – изделие – среда», т.е. характеризуют соответствие изделия антропометрическим, физиологическим и психологическим потребностям человека.

6. Показатели стандартизации и унификации не характеризуют собственно качество изделия. Они показывают степень использования стандартизированных и унифицированных узлов, деталей. Косвенно дают информацию о затратах по эксплуатации изделия, возможности повторного использования узлов и деталей данного изделия.

7. Показатели патентно-правовой защиты отражают степень защищенности патентами основных технических решений изделия. Также не характеризуют качество продукции в полном смысле слова, но свидетельствуют о технической новизне изделия.

8. Экономические показатели характеризуют продукцию со стороны ее экономичности (себестоимость изготовления, продажная цена, прибыль, рентабельность, цена потребления). Среди экономических показателей особое значение имеет цена потребления, которая складывается из продажной цены и затрат, связанных с потреблением изделия за весь срок его службы у покупателя. Комплексные показатели используются в различных звеньях управления фирмой при экономическом обеспечении мероприятий по улучшению качества продукции, оценке конкурентоспособности собственных и чужих изделий.

Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации или потребления, называется показателем качества продукции.

По способу выражения показатели продукции могут быть натуральными (метры, километры), относительными (проценты, коэффициенты, баллы, индексы), а также стоимостными.

По стадии определения - прогнозируемые, проектные, нормативные, фактические.

По характеризующим свойствам применяются следующие группы показателей:

Показатели назначения характеризуют полезный эффект от использования продукции по назначению и обслуживают область применения продукции.

Показатели надежности - безотказность, сохраняемость, ремонтпригодность, а также долговечность изделия.

Показатели технологичности характеризуют эффективность конструкторско-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте продукции. Именно с помощью технологичности достигается массовость выпуска продукции, рациональное распределение затрат материалов, средств, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовления и эксплуатации продукции.

Показатели стандартизации и унификации - это насыщенность продукции стандартами, унифицированными и оригинальными составными частями, а также уровень унификации по сравнению с другими изделиями.

Эргономические показатели отражают взаимодействие человека с изделием и комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека, проявляющихся при пользовании изделием.

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство исполнения и стабильность товарного вида изделия.

Показатели транспортабельности выражают приспособленность продукции для транспортирования.

Патентно-правовые показатели характеризуют патентную защиту и патентную чистоту продукции и являются существенным фактором при определении конкурентоспособности.

Экологические показатели - это уровень вредных воздействий на окружающую среду, которые возникают при эксплуатации или потреблении продукции, например, содержание вредных примесей, вероятность выбросов вредных частиц, газов, излучений при хранении, транспортировании и эксплуатации продукции.

Показатели безопасности характеризуют особенности продукции для безопасности покупателя и обслуживающего персонала, т.е. обеспечивают безопасность при монтаже, ремонте, потреблении продукции.

Совокупность перечисленных показателей формирует качество продукции. Но помимо всех этих показателей важна и цена изделия. Именно с ценой связан вопрос экономически оптимального качества. Покупатель, приобретая изделие, всегда сопоставляет, компенсирует ли цена изделия набор свойств, которыми оно обладает.

## 2. Классификация вредных чужеродных веществ пищи и основные пути их попадания в пищевые продукты.

Чужеродные химические вещества (ЧХВ) могут попадать в пищу случайно в виде контаминантов-загрязнителей, например, из окружающей среды или в процессе технологической обработки при контакте с оборудованием; иногда их вводят специально в виде пищевых добавок, когда это связано с технологической необходимостью. Кроме того, в пищевом сырье и готовых продуктах питания могут содержаться природные компоненты, оказывающие вредное влияние на здоровье человека.

В целом, классификация вредных и посторонних веществ в сырье, питьевой воде и продуктах питания может быть представлена в виде схемы.



Рис. 11.1. Классификация посторонних и вредных веществ пищи

494

Несмотря на то, что окружающая среда остается главным источником загрязнения сырья и пищевых продуктов, в настоящее время появляются новые и модифицируются традиционные технологии получения продуктов питания, которые часто связаны с применением жестких видов воздействия на сырье и полупродукты, что, в свою очередь, является не всегда оправданным и приводит к возникновению токсичных веществ. Кроме того, получили широкое распространение разнообразные виды непроверенных пищевых добавок и новых упаковочных материалов; появилось большое число малых предприятий, технологический процесс и качество выпускаемых продуктов питания, на которых плохо контролируется или вообще не контролируется. Нельзя забывать и об антиалиментарных факторах питания, содержащихся в сырье и готовых пищевых продуктах и способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека.

## ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА - ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Загрязнение продовольственного сырья и пищевых продуктов чужеродными веществами или ксенобиотиками напрямую зависит от степени загрязнения окружающей среды.

В результате хозяйственной деятельности человека в биосфере циркулирует огромное количество различных ксенобиотиков как неорганической, так и органической природы, обладающих исключительной токсичностью. Ксенобиотики (от греч. ξενος) – условная категория для обозначения чужеродных для живых организмов химических веществ, естественно не входящих в биотический круговорот. Как правило, повышение концентрации ксенобиотиков в окружающей среде прямо или косвенно связана с хозяйственной деятельностью человека. К ним в ряде случаев относят: пестициды (пестициды (сельскохозяйственные ядохимикаты) – собирательное название химических и биологических средств, используемых для борьбы с вредными организмами. Пестициды объединяют следующие группы таких веществ: гербициды, уничтожающие сорняки, инсектициды, уничтожающие насекомых-вредителей, фунгициды, уничтожающие патогенные грибы, зооциды, уничтожающие вредных теплокровных животных и т. д.), некоторые моющие средства (детергенты), радионуклиды, синтетические красители, полиароматические углеводороды и др. Попадая в окружающую природную среду, они могут вызвать повышение частоты аллергических реакций, гибель организмов, изменить наследственные признаки, снизить иммунитет, нарушить обмен веществ, нарушить ход процессов в естественных экосистемах вплоть до уровня биосферы в целом. Антропогенная токсикация приобрела настолько значительные масштабы, что наносит ощутимый, реальный вред здоровью человека и грозит перерасти в экологическую катастрофу.

Ксенобиотики, попадая в окружающую среду в результате антропогенной деятельности человека, способны накапливаться в почвах, водоемах, с атмосферными и водными потоками распространяться на тысячи километров. Передвигаясь по пищевым цепям, ксенобиотики попадают в организм человека и вызывают серьезные нарушения здоровья – от острых отравлений с летальным исходом до заболеваний, проявляющихся порой только через годы.



Рис. 11.2. Схема поступления ксенобиотиков из окружающей среды в организм человека по пищевым цепям

495

### 3. Определение микробиологической безопасности пищевых продуктов.

Инфекция – это взаимодействие патогенных микроорганизмов с макроорганизмом (человеком, животным растением) в определенных условиях, в результате чего может возникнуть инфекционное заболевание. Загрязнение патогенными микроорганизмами (заражение) пищевых продуктов приводит к различным инфекционным заболеваниям –



брюшному тифу, паратифу, дизентерии, холере, скарлатине, бруцеллезу, туберкулезу, сибирской язве и др. Заболевания, возникающие у человека от микробов, попавших в организм с пищей (водой), называют пищевыми инфекциями. К этим заболеваниям относят острые кишечные инфекции (брюшной тиф, дизентерию, холеру, сальмонеллез и др.), которыми болеют только люди.

Некоторые заболевания передаются человеку от больных животных (туберкулез, бруцеллез, сибирская язва, ящур и др.)

Пути попадания патогенных микроорганизмов в пищевые продукты различны: они распространяются воздушным путем, через воду, через больных людей и животных, при контакте с ними, через бациллоносителей, через насекомых, грызунов и т.д.

Источником распространения патогенных микроорганизмов может являться вода, в частности, сточные воды населенных пунктов и промышленных предприятий, стоки из инфекционных больниц, а также дождевые воды, уносящие с поверхности почвы большое количество патогенных микробов.

Болезнетворные микроорганизмы могут передаваться больными людьми при непосредственном контакте со здоровыми, например, при рукопожатии, поцелуе, а также через различные предметы обихода, посуду, белье, которыми пользовался больной, т.е. контактно бытовым путем.

Распространителями инфекционных заболеваний являются бациллоносители – люди, которые перенесли болезнь, но продолжают выделять в окружающую среду болезнетворные микробы, возбудители перенесенного заболевания. Бациллоносителями могут быть и люди, не болевшие этими заболеваниями, но бывшие в контакте с больным человеком. Бациллоносители, работающие в пищевой промышленности, могут стать постоянным источником заражения продукции и вызвать массовые заболевания.

Опасными переносчиками патогенных микроорганизмов являются мухи и другие насекомые, а также грызуны (мыши и крысы). По истечению инкубационного периода появляются симптомы, характерные для инфекционного заболевания.

Возбудители пищевых инфекций. Наиболее опасными патогенными микроорганизмами. Вызывающими кишечные инфекции, являются бактерии кишечной группы.

Пищевые отравления могут быть бактериальной и грибковой природы. Пищевые отравления не передаются от одного человека к другому, т.е. не являются заразными.

Первые признаки пищевого отравления – появление тошноты, рвоты, боли в области желудка и кишечника, затем повышается температура, происходит ослабление сердечной деятельности. К пищевым отравлениям, вызываемым бактериями, относятся ботулизм, стафилококковая интоксикация и др.

Микроорганизмы – возбудители ботулизма широко распространены в природе.

Они встречаются в почве, пыли, навозе, в иле, на овощах, плодах, фруктах, ягодах, а также в кишечнике и фекалиях животных, рыб.

Симптомы ботулизма отличаются от симптомов других пищевых отравлений. Поражение сопровождается расстройством зрения, общей слабостью, сухостью во рту, параличами. Инкубационный период заболевания может продолжаться от 12 до 24 ч и более.

Источниками стафилококковых отравлений могут быть мучные кондитерские изделия с кремом, молоко и молочные продукты, мясные, рыбные консервы в масле.

К микроскопическим грибам, вызывающим пищевые отравления, относятся грибы рода *Fusarium* (фузариум). Они поражают зерно, перезимовавшее в поле, и вырабатывают токсины.

Заполните таблицу

Признак	Пищевая инфекция	Пищевое отравление микробной этиологии
Возбудитель (группа)		
Передача возбудителя		
Пути распространения		
Поведение в пищевом продукте		
Инкубационный период		

#### 4. Показатели токсичности веществ. Токсичные элементы. Радиоактивное загрязнение.

##### *Меры токсичности веществ*

Количественная характеристика токсичности веществ достаточно сложна и требует многостороннего подхода. Судить о ней приходится по результатам воздействия вещества на живой организм, для которого характерна индивидуальная реакция, индивидуальная вариабельность, поскольку в группе испытуемых животных всегда присутствуют более или менее восприимчивые к действию изучаемого токсина индивидуумы.

Существуют две основные характеристики токсичности – ЛД<sub>50</sub> и ЛД<sub>100</sub>. ЛД – аббревиатура летальной дозы, т. е. дозы, вызывающей при однократном введении гибель 50 или 100% экспериментальных животных. Дозу обычно определяют в размерности концентрации. Токсичными считают все те вещества, для которых ЛД мала. Принята следующая классификация веществ по признаку острой токсичности (ЛД<sub>50</sub> для крысы при пероральном введении, мг/кг):

- Чрезвычайно токсичные < 5
- Высокотоксичные 5–50
- Умеренно токсичные 50–500
- Малотоксичные 500–5000
- Практически нетоксичные 5000–15 000
- Практически безвредные > 15 000

Величина  $t_{0,5}$  характеризует время полувыведения токсина и продуктов его превращения из организма. Для разных токсинов оно может составлять от нескольких часов до нескольких десятков лет.

Кроме ЛД<sub>50</sub>, ЛД<sub>100</sub> и  $t_{0,5}$  в токсикологических экспериментах на животных принято указывать еще и время 100 или 50% гибели объектов. Но для этого такие эксперименты должны проводиться в течение многих месяцев и лет, а при существующем непродолжительном контроле можно отнести к малотоксичным веществам – высокотоксичные, но проявляющие свое негативное, губительное действие лишь через длительное время.

Кроме этого, необходимо учитывать еще ряд факторов. Это и индивидуальность различных экспериментальных животных, и различное распределение токсинов в органах и тканях, и биотрансформация токсинов, которая затрудняет их определение в организме.

При хронической интоксикации решающее значение приобретает способность вещества проявлять кумулятивные свойства, т. е. накапливаться в организме и передаваться по пищевым цепям. Необходимо также учитывать комбинированное действие нескольких чужеродных веществ при одновременном и последовательном поступлении в организм и их взаимодействие с макро- и микронутриентами пищевых продуктов (т. к. человек может получать в течение всей жизни вместе с пищей целый комплекс чужеродных

веществ либо в виде контаминантов-загрязнителей, либо в виде добавок к пищевым продуктам).

Комбинированный эффект является результатом физических или химических взаимодействий, индукции или ингибирования ферментных систем, других биологических процессов. Действие одного вещества может быть усилено или ослаблено под влиянием других веществ. Различают два основных эффекта: *антагонизм* – эффект воздействия двух или нескольких веществ, при котором одно вещество ослабляет действие другого вещества (например, действие ртути и селена в организме животных и человека); *синергизм* – эффект воздействия, превышающий сумму эффектов воздействия каждого фактора (например, комбинированное воздействие хлор-содержащих соединений, фосфорорганических пестицидов, комбинированное воздействие ксенобиотиков и некоторых медикаментов).

В связи с хроническим воздействием посторонних веществ на организм человека и возникающей опасностью отдаленных последствий, важнейшее значение приобретают канцерогенное (возникновение раковых опухолей), мутагенное (качественные и количественные изменения в генетическом аппарате клетки) и тератогенное (аномалии в развитии плода, вызванные структурными, функциональными и биохимическими изменениями в организме матери и плода) действия ксенобиотиков.

На основе токсикологических критериев (с точки зрения гигиены питания) международными организациями ООН – ВОЗ, FAO и др., а также органами здравоохранения отдельных государств приняты следующие базисные (основные) показатели: ПДК, ДСД и ДСП.

**ПДК (предельно-допустимая концентрация)** – предельно-допустимые количества чужеродных веществ в атмосфере, воде, продуктах питания с точки зрения безопасности их для здоровья человека. ПДК в продуктах питания – установленное законом предельно-допустимое с точки зрения здоровья человека количество вредного (чужеродного) вещества. ПДК – это такие концентрации, которые при ежедневном воздействии в течение сколь угодно длительного времени не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в жизни настоящего и последующих поколений.

**ДСД (допустимая суточная доза)** – ежедневное поступление вещества, которое не оказывает негативного влияния на здоровье человека в течение всей жизни.

**ДСП (допустимое суточное потребление)** – величина, рассчитываемая как произведение ДСД на среднюю величину массы тела (60 кг).

#### **Токсичные элементы**

Токсичные элементы (в частности, некоторые тяжелые металлы) составляют обширную и весьма опасную в токсикологическом отношении группу веществ. Обычно рассматривают 14 элементов: Hg (ртуть), Pb (свинец), Cd (кадмий), As (мышьяк), Sb (сурьма), Sn (олово), Zn (цинк), Al (алюминий), Be (бериллий), Fe (железо), Cu (медь), Ba (барий), Cr (хром), Tl (таллий). Разумеется, не все перечисленные элементы являются ядовитыми, некоторые из них необходимы для нормальной жизнедеятельности человека и животных. Поэтому часто трудно провести четкую границу между биологически необходимыми и вредными для здоровья человека веществами.

В большинстве случаев реализация того или иного эффекта зависит от концентрации. При повышении оптимальной физиологической концентрации элемента в организме может наступить интоксикация, а дефицит многих элементов в пище и воде может привести к достаточно тяжелым и трудно распознаваемым явлениям недостаточности.

Зависимость вредного или полезного действия некоторых элементов от концентрации показана на рисунке.

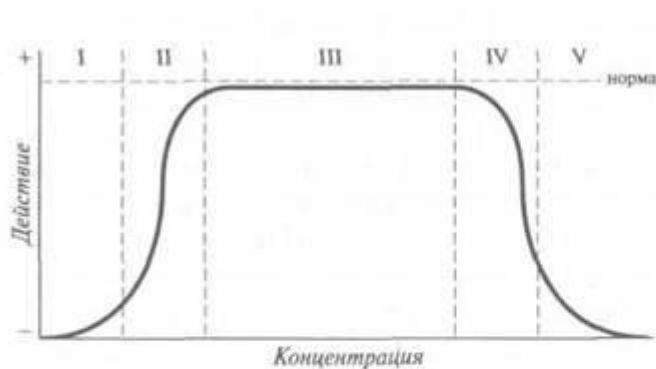


Рис. 11.3. Зависимость влияния некоторых элементов от концентрации на организм человека:

I — угрожающее действие; II — дефицитное действие; III — физиологическое действие; IV — токсичное действие; V — летальное действие

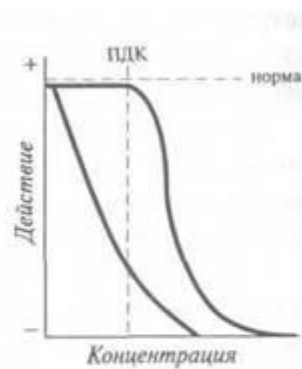


Рис. 11.4. Действие токсичных элементов

498

Для веществ, относящихся к так называемым супертоксикантам, плато, характеризующее норму, отсутствует (или очень короткое), а крутизна нисходящей ветви характеризует токсичность вещества.

*Загрязнение водоемов, атмосферы, почвы, сельскохозяйственных растений и пищевых продуктов токсичными металлами происходит за счет:*

- выбросов промышленных предприятий (особенно угольной, металлургической и химической промышленности);
- выбросов городского транспорта (имеется в виду загрязнение свинцом от сгорания этилированного бензина);
- применения в консервном производстве некачественных внутренних покрытий и при нарушении технологии припоев;
- контакта с оборудованием (для пищевых целей допускается весьма ограниченное число сталей и других сплавов).

Для большинства продуктов установлены предельно-допустимые концентрации (ПДК) токсичных элементов, к детским и диетическим продуктам предъявляются более жесткие требования.

Наибольшую опасность из вышеназванных элементов представляют ртуть (Hg), свинец (Pb), кадмий (Cd).

*Ртуть* — один из самых опасных и высокотоксичных элементов, обладающий способностью накапливаться в растениях и в организме животных и человека, т. е. является ядом кумулятивного действия.

Токсичность ртути зависит от вида ее соединений, которые по-разному всасываются, метаболизируются и выводятся из организма. Наиболее токсичны алкилртутные соединения с короткой цепью — метилртуть, этилртуть, диметилртуть. Механизм токсического действия ртути связан с ее взаимодействием с сульфгидрильными группами белков. Блокируя их, ртуть изменяет свойства или инактивирует ряд жизненно важных ферментов. Неорганические соединения ртути нарушают обмен аскорбиновой кислоты, пиридоксина, кальция, меди, цинка, селена; органические — обмен белков, цистеина, аскорбиновой кислоты, токоферолов, железа, меди, марганца, селена.

Защитным эффектом при воздействии ртути на организм человека обладают цинк и, особенно, селен. Предполагают, что защитное действие селена обусловлено деметилированием ртути и образованием нетоксичного соединения — селено-ртутного комплекса.

О высокой токсичности ртути свидетельствуют и очень низкие значения ПДК: 0,0003 мг/м<sup>3</sup> в воздухе и 0,0005 мг/л в воде. Безопасным уровнем содержания ртути в крови

считают 50–100 мкг/л. Человек получает с суточным рационом около 0,05 мг ртути, что соответствует рекомендациям ФАО/ВОЗ.

В организм человека ртуть поступает в наибольшей степени с рыбными продуктами, в которых ее содержание может многократно превышать ПДК. Мясо рыбы отличается наибольшей концентрацией ртути и ее соединений, поскольку активно аккумулирует их из воды и корма, в который входят различные гидробионты, богатые ртутью. Например, хищные пресноводные рыбы могут содержать от 107 до 509 мкг/кг, нехищные пресноводные рыбы от 78 до 200 мкг/кг, а океанские нехищные рыбы от 300 до 600 мкг/кг Hg. Организм рыб способен синтезировать метил-ртуть, которая накапливается в печени. У некоторых видов рыб в мышцах содержится белок – металлотионеин, который с различными металлами, в том числе и с ртутью, образует комплексные соединения, способствуя тем самым накоплению ртути в организме и передаче ее по пищевым цепям. У таких рыб содержание ртути достигает очень высоких концентраций: рыба-сабля содержит от 500 до 20 000 мкг/кг, а тихоокеанский марлин от 5000 до 14 000 мкг/кг. Для других продуктов характерно следующее содержание ртути (мкг/кг). В продуктах животноводства: мясо 6-20, печень 20-35, почки 20-70, молоко 2-12, сливочное масло 2–5, яйца 2–15; в съедобных частях сельскохозяйственных растений: овощи 3-59, фрукты 10-124, бобовые 8-16, зерновые 10-103; в шляпочных грибах 6-447, в перезрелых до 2000 мкг/кг, причем в отличие от растений в грибах может синтезироваться метилртуть. При варке рыбы и мяса концентрация ртути в них снижается, при аналогичной обработке грибов остается неизменной. Это различие объясняется тем, что в грибах ртуть связана с аминокислотами азотсодержащих соединений, в рыбе и мясе – с серосодержащими аминокислотами.

*Свинец* – один из самых распространенных и опасных токсикантов. История его применения очень древняя, что связано с относительной простотой его получения и большой распространенностью в земной коре (1,6•10<sup>-3</sup>%). Соединения свинца – Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и PbSO<sub>4</sub> – основа широко применяемых пигментов: сурика и свинцовых белил. Глазури, которые используются для покрытия керамической посуды, также содержат соединения Pb. Металлический свинец со времен Древнего Рима применяют при прокладке водопроводов. В настоящее время перечень областей его применения очень широк: производство аккумуляторов, электрических кабелей, химическое машиностроение, атомная промышленность, производство эмалей, замазок, лаков, хрусталя, пиротехнических изделий, спичек, пластмасс и т. П. Мировое производство свинца составляет более 3,5•10<sup>6</sup> т в год. В результате производственной деятельности человека в природные воды ежегодно попадает 500-600 тыс. т, а в атмосферу в переработанном и мелкодисперсном состоянии выбрасывается около 450 тыс. т, подавляющее большинство которого оседает на поверхности Земли. Основным источником загрязнения атмосферы свинцом являются выхлопные газы автотранспорта (260 тыс. т) и сжигание каменного угля (около 30 тыс. т). В тех странах, где использование бензина с добавлением тетраэтилсвинца сведено к минимуму, содержание свинца в воздухе удалось многократно снизить. Следует подчеркнуть, что многие растения накапливают свинец, который передается по пищевым цепям и обнаруживается в мясе и молоке сельскохозяйственных животных, особенно активное накопление свинца происходит вблизи промышленных центров и крупных автомагистралей.

Ежедневное поступление свинца в организм человека с пищей – 0,1 – 0,5 мг, с водой – 0,02 мг. Содержание свинца (в мг/кг) в различных продуктах таково: фрукты 0,01-0,6; овощи 0,02-1,6; крупы 0,03-3,0; хлебобулочные изделия 0,03-0,82; мясо и рыба 0,01-0,78; молоко 0,01-0,1. В организме человека усваивается в среднем 10% поступившего свинца, у детей – 30–40%. Из крови свинец поступает в мягкие ткани и кости, где депонируется в виде трифосфата.

Механизм токсического действия свинца имеет двойную направленность. Во-первых, блокада функциональных SH-групп белков и, как следствие, – инактивация

ферментов, во-вторых, проникновение свинца в нервные и мышечные клетки, образование лактата свинца, затем фосфата свинца, которые создают клеточный барьер для проникновения ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . Основными мишенями при воздействии свинца являются кроветворная, нервная и пищеварительная системы, а также почки. Свинцовая интоксикация может приводить к серьезным нарушениям здоровья, проявляющимся в частых головных болях, головокружениях, повышенной утомляемости, раздражительности, ухудшении сна, мышечной гипотонии, а в наиболее тяжелых случаях к параличам и парезам, умственной отсталости. Неполноценное питание, дефицит в рационе кальция, фосфора, железа, пектинов, белков (или повышенное поступление кальциферола) увеличивают усвоение свинца, а следовательно – его токсичность. Допустимая суточная доза (ДСД) свинца составляет 0,007 мг/кг; величина ПДК в питьевой воде – 0,05 мг/л.

Мероприятия по профилактике загрязнения свинцом сырья и пищевых продуктов должны включать государственный и ведомственный контроль за промышленными выбросами свинца в атмосферу, водоемы и почву. Необходимо существенно снизить или полностью исключить применение тетраэтилсвинца в бензине, свинцовых стабилизаторах, изделиях из поливинилхлорида, красителях, упаковочных материалах и т. П.

*Кадмий* широко применяется в различных отраслях промышленности. В воздух кадмий поступает вместе со свинцом при сжигании топлива на ТЭЦ, с газовыми выбросами предприятий, производящих или использующих кадмий. Загрязнение почвы кадмием происходит при оседании кадмий-аэрозолей из воздуха и дополняется внесением минеральных удобрений: суперфосфата (7,2 мг/кг), фосфата калия (4,7 мг/кг), селитры (0,7 мг/кг). Заметно содержание кадмия и в навозе, где он обнаруживается в результате следующей цепи переходов: воздух–почва–растения–травоядные животные–навоз. В некоторых странах соли кадмия применяют в качестве антисептических и антигельминтных препаратов в ветеринарии. Все это определяет основные пути загрязнения кадмием окружающей среды, а следовательно, продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Содержание кадмия (в мкг/кг) в различных продуктах выглядит следующим образом. Растительные продукты: зерновые 28-95, горох 15-19, фасоль 5-12, картофель 12-50, капуста 2-26, помидоры 10-30, салат 17-23, фрукты 9-42, растительное масло 10-50, сахар 5-31, грибы 100-500; в продуктах животноводства: молоко – 2,4, творог – 6,0, яйца 23-250. Установлено, что примерно 80% кадмия поступает в организм человека с пищей, 20% – через легкие из атмосферы и при курении. С рационом взрослый человек получает до 150 мкг/кг и выше кадмия в сутки. В одной сигарете содержится 1,5-2,0 мкг Cd. Подобно ртути и свинцу, кадмий не является жизненно необходимым металлом. Попадая в организм, кадмий проявляет сильное токсическое действие, главной мишенью которого являются почки. Механизм токсического действия кадмия связан с блокадой сульфгидрильных групп белков; кроме того, он является антагонистом цинка, кобальта, селена, ингибирует активность ферментов, содержащих указанные металлы. Известна способность кадмия нарушать обмен железа и кальция. Все это может привести к широкому спектру заболеваний: гипертоническая болезнь, анемия, ишемическая болезнь сердца, почечная недостаточность и другие. Отмечены канцерогенный, мутагенный и тератогенные эффекты кадмия. По рекомендациям ВОЗ допустимая суточная доза (ДСД) кадмия – 1 мкг/кг массы тела.

Большое значение в профилактике интоксикации кадмием имеет правильное питание (включение в рацион белков, богатых серосодержащими аминокислотами, аскорбиновой кислоты, железа, цинка, селена, кальция), контроль за содержанием кадмия (полярографический, атомно-абсорбционный анализы) и исключение из рациона продуктов, богатых кадмием.

*Алюминий.* Первые данные о токсичности алюминия были получены в 70-х гг. XX в., и это явилось неожиданностью для человечества. Будучи третьим по

распространенности элементом земной коры (8,8% массы земной коры составляет Al) и обладая ценными качествами, металлический алюминий нашел широкое применение в технике и быту. Поставщиками алюминия в организм человека является алюминиевая посуда, если она контактирует с кислой или щелочной средой, вода, которая обогащается ионами Al<sup>3+</sup> при обработке ее сульфатом алюминия на водоочистительных станциях. Существенную роль в загрязнении окружающей среды ионами Al<sup>3+</sup> играют и кислотные дожди. Не следует злоупотреблять содержащими гидроксид алюминия лекарствами: противогеморроидальными, противоартритными, понижающими кислотность желудочного сока. Как буферную добавку вводят гидроксид алюминия и в некоторые препараты аспирина и в губную помаду. Среди пищевых продуктов наивысшей концентрацией алюминия (до 20 мг/г) обладает чай.

Поступающие в организм человека ионы Al<sup>3+</sup> в форме нерастворимого фосфата выводятся с фекалиями, частично всасываются в кровь и выводятся почками. При нарушении деятельности почек происходит накопление алюминия, которое приводит к нарушению метаболизма Ca, Mg, P, F, сопровождающееся ростом хрупкости костей, развитием различных форм анемии. Кроме того, были обнаружены и более грозные проявления токсичности алюминия: нарушение речи, провалы в памяти, нарушение ориентации и т. П. Все это позволяет приблизить «безобидный», считавшийся нетоксичным до недавнего времени алюминий к «мрачной тройке» супертоксикантов: Hg, Pb, Cd.

*Мышьяк* как элемент в чистом виде ядовит только в высоких концентрациях. Он принадлежит к тем микроэлементам, необходимость которых для жизнедеятельности организма человека не доказана, а его соединения, такие как мышьяковистый ангидрид, арсениды и арсенаты, сильно токсичны. Мышьяк содержится во всех объектах биосферы (в земной коре – 2 мг/кг, в морской воде – 5 мкг/кг). Известными источниками загрязнения окружающей среды мышьяком являются электростанции, использующие бурый уголь, медеплавильные заводы; он используется при производстве полупроводников, стекла, красителей, инсектицидов, фунгицидов и др.

Нормальный уровень содержания мышьяка в продуктах питания не должен превышать 1 мг/кг. Так, например, фоновое содержание мышьяка (мг/кг): в овощах и фруктах 0,01-0,2; в зерновых 0,006-1,2; в говядине 0,005-0,05; в печени 2,0; яйцах 0,003–0,03; в коровьем молоке 0,005-0,01. Повышенное содержание мышьяка отмечается в рыбе и других гидробионтах, в частности в ракообразных и моллюсках. По данным FAO/ВОЗ, в организм человека с суточным рационом поступает в среднем 0,05–0,45 мг мышьяка. ДСД – 0,05 мг/кг массы тела.

В зависимости от дозы мышьяк может вызывать острое и хроническое отравление, разовая доза мышьяка 30 мг – смертельна для человека. Механизм токсического действия мышьяка связан с блокированием SH-групп белков и ферментов, выполняющих в организме самые разнообразные функции.

### *Радиоактивное загрязнение*

Источники радиоактивности, как и другие загрязнители, являются компонентами пищевых цепей: атмосфера–ветер–дождь–почва–растения–животные–человек. Анализируя данные о взаимодействии радионуклидов с компонентами природной среды и организмом человека, необходимо отметить следующее. Радионуклиды естественного происхождения постоянно присутствуют во всех объектах неживой и живой природы, начиная с момента образования нашей планеты. При этом радиационный фон в различных регионах Земли может отличаться в 10 и более раз. К радионуклидам естественного происхождения относят, во-первых: космогенные радионуклиды, главным образом <sup>3</sup>H, <sup>7</sup>Be, <sup>14</sup>C, <sup>22</sup>Na, <sup>24</sup>Na; во-вторых: радионуклиды, присутствующие в объектах окружающей среды (среди них основными источниками загрязнения пищевых продуктов и облучения человека являются <sup>40</sup>K, <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th).

*Радон* – один из первых открытых человеком радионуклидов. Этот благородный газ образуется при распаде изотопа  $^{226}\text{Ra}$  и поступает в организм ингаляционным путем. Человек контактирует с радоном везде, но главным образом в каменных и кирпичных жилых зданиях (особенно в подвальных помещениях и на первых этажах), поскольку главным источником является почва под зданием и строительные материалы. Радиоактивность (мкЗв/год) строительных материалов такова: дерево 0; известняк, песчаник 0–100; кирпич, бетон 100–200; естественный камень, производственный гипс 200–400; шлаковый камень, гранит 400–2000. Высокое содержание радона может быть в подземных водах. Доступным и эффективным способом удаления радона из воды является ее аэрация (аэрацией называется процесс, при котором воздух тесно контактирует с водой (жидкостью), путём распыления воды (жидкости) в воздухе, или пропусканием пузырьков воздуха через воду).

В результате производственной деятельности человека, связанной с добычей полезных ископаемых, сжиганием органического топлива, созданием минеральных удобрений и т. П., произошло обогащение атмосферы естественными радионуклидами, причем естественный радиационный фон постоянно меняется.

С момента овладения человеком ядерной энергией в биосферу начали поступать радионуклиды, образующиеся на АЭС, при производстве ядерного топлива и испытаниях ядерного оружия. Таким образом, встал вопрос об искусственных радионуклидах и особенностях их влияния на организм человека. Среди радионуклидов искусственного происхождения выделяют 21 наиболее распространенный, 8 из которых составляют основную дозу внутреннего облучения населения:  $^{14}\text{C}$  (углерод),  $^{137}\text{Cs}$  (цезий),  $^{90}\text{Sr}$  (стронций),  $^{89}\text{Sr}$  (стронций),  $^{106}\text{Ru}$  (рутений),  $^{144}\text{Ce}$  (церий),  $^{131}\text{I}$  (йод),  $^{95}\text{Zr}$  (цирконий).

Существуют три пути попадания радиоактивных веществ в организм человека: а) при вдыхании воздуха, загрязненного радиоактивными веществами; б) через желудочно-кишечный тракт – с пищей и водой; в) через кожу.

Для наиболее опасных искусственных радионуклидов, к которым следует отнести долгоживущие  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и короткоживущий  $^{131}\text{I}$ , в настоящее время выявлены закономерности всасывания, распределения, накопления и выделения, а также механизмы их связи с различными биологическими структурами. Одной из главных задач по профилактике и снижению степени внутреннего облучения следует считать уменьшение всасывания радиоактивных элементов при их длительном поступлении в организм человека с пищевыми продуктами.

Эффект действия ионизирующих излучений на клетку и организм в целом можно понять, проследив изменения, происходящие на всех этапах следующей цепи: биомолекулы–клеточный компартмент–клетка–ткани–организм, и установив взаимосвязь между ними.

Клетка – это слаженная динамическая система биологически важных макромолекул, которые скомпонованы в компартменты (субклеточные образования), выполняющие определенные физиологические функции.

Наиболее чувствительными к облучению органеллами клеток организма млекопитающих являются ядро и митохондрии. Здесь повреждения проявляются в малые сроки и при малых дозах. Наиболее всего угнетаются процессы окислительного фосфорилирования, изменяются физико-химические свойства нуклеопротеидов, в результате чего происходят количественные и качественные изменения в ДНК, нарушаются процессы транскрипции и трансляции. Кроме этого, угнетаются энергетические процессы, выброс в цитоплазму ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ , нарушаются функции мембран. Одновременно возможны все виды мутаций: геномные мутации (кратные изменения гаплоидного числа хромосом), хромосомные мутации или хромосомные абберрации (структурные или численные изменения хромосом), генные или точковые мутации (изменения молекулярной структуры генов, в результате чего синтезируются белки, утратившие свою биологическую активность).



Принято рассматривать три этапа радиационного поражения клетки.

*I этап* можно назвать физическим. На этом этапе происходит ионизация и возбуждение макромолекул; при этом поглощенная энергия реализуется в слабых местах (в белках – SH-группы, в ДНК – хромофорные группы тимина, в липидах – ненасыщенные связи).

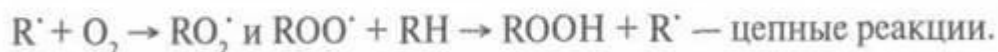
*II этап* – химические преобразования. На этом этапе происходит взаимодействие радикалов белков, нуклеиновых кислот, липидов с водой, кислородом, с радикалами воды и т. П. Это в свою очередь приводит к образованию гидроперекисей, ускоряет процессы окисления, вызывает множественные изменения молекул. В результате этого начальный эффект многократно усиливается. Разрушается структура биологических мембран, усиливаются другие процессы деструкции, высвобождаются ферменты, наблюдается изменение их активности.

*III этап* – биохимический. На этом этапе происходят нарушения, которые связаны с высвобождением ферментов и изменением их активности. Различные ферментные системы реагируют на облучение неоднозначно. Активность одних ферментов после облучения возрастает, других – снижается, третьих – остается неизменной. К числу наиболее радиочувствительных процессов в клетке относится окислительное фосфорилирование. Нарушение этого процесса отмечается через 20–30 минут при дозе облучения 100 рад. Оно проявляется в повреждении системы генерирования АТФ, без которой не обходится ни один процесс жизнедеятельности.

Высокой чувствительностью обладают ДНК-комплексы (ДНК клеточного ядра в комплексе со щелочными белками, РНК, ферментами). Предполагается, что в этом случае в первую очередь поражаются связи белок–белок и белок–ДНК.

Облучение целостного организма приводит к снижению гликогена в скелетных мышцах, печени и ряде других тканей в результате нейрогуморальной реакции на облучение. Кроме этого, обнаруживается нарушение процессов распада глюкозы (гликолиз) и высокополимерных полисахаридов.

При действии ионизирующих излучений на липиды происходит образование перекисей. Схема реакций в этом случае может быть представлена следующим образом:



Этим процессам придают особое значение в развитии лучевого поражения, т. к. это приводит к разрушению клеточных мембран и гибели клетки.

В организме при его облучении наблюдается снижение общего содержания липидов, их перераспределение между различными тканями с увеличением уровня в крови и печени (что, вероятно, связано с изменениями углеводного обмена). Кроме того, наблюдается угнетение ряда антиоксидантов, что, в свою очередь, также способствует образованию токсичных гидроперекисей.

По характеру распределения в организме человека радиоактивные вещества можно условно разделить на следующие три группы.

1. Отлагающиеся преимущественно в скелете (так называемые остеотропные изотопы – стронций, барий, радий и другие).
2. Концентрирующиеся в печени (церий, лантан, плутоний и другие).
3. Равномерно распределяющиеся по системам (водород, углерод, инертные газы, железо и другие). Причем одни имеют тенденцию к накоплению в мышцах (калий, рубидий, цезий), а другие – в селезенке, лимфатических узлах, надпочечниках (ниобий, рутений).

Особое место занимает радиоактивный йод – он селективно аккумулируется щитовидной железой.

Если принять в качестве критерия чувствительности к ионизирующему излучению морфологические изменения, то клетки и ткани организма человека по степени возрастания чувствительности можно расположить в следующем порядке: нервная ткань, хрящевая и костная ткани, мышечная ткань, соединительная ткань, щитовидная железа, пищеварительные органы, легкие, кожа, слизистые оболочки, половые железы, лимфоидная ткань, костный мозг.

Из вышесказанного вытекают следующие направления по профилактике радиоактивного загрязнения окружающей среды: охрана атмосферы Земли как природного экрана, предохраняющего от губительного космического воздействия радиоактивных частиц; соблюдение глобальной техники безопасности при добыче, использовании и хранении радиоактивных элементов, применяемых человеком в процессе его жизнедеятельности.

Важнейшим фактором предотвращения накопления радионуклидов в организме людей является питание. Это и употребление в пищу определенных продуктов и их отдельных компонентов. Особенно это касается защиты организма от долгоживущих радионуклидов, которые способны мигрировать по пищевым цепям, накапливаться в органах и тканях, подвергать хроническому облучению костный мозг, костную ткань и т. п. Установлено, что обогащение рациона рыбой, кальцием, фтором, витаминами А, Е, С, которые являются антиоксидантами, а также неусвояемыми углеводами (пектин) способствует снижению риска онкологических заболеваний, играет большую роль в профилактике радиоактивного воздействия наряду с радиопротекторами, к которым относятся вещества различной химической природы, в том числе и серосодержащие соединения, такие как цистеин и глутатион.

В настоящее время разработана современная концепция радиозащитного питания, которая базируется на трех основных положениях:

- а) максимально возможное уменьшение поступления радионуклидов с пищей;
- б) торможение процессов сорбции и накопления радионуклидов в организме;
- в) соблюдение принципов рационального питания.

#### Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое пищевые инфекции?
- 2) Что такое пищевые отравления?
- 3) Назовите основные характеристики токсичности.
- 4) Радиоактивность и её проявления.

## Список литературы

1. Габелко, С.В. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: учебное пособие. Ч. 1 [Электронный ресурс] / С.В. Габелко. – Новосибирск : НГТУ, 2012. – 183 с.
2. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания :микробиологические аспекты: учебное пособие. Ч. 1 [Электронный ресурс] / И.В. Черемушкина, Н.Н. Попова, И.П. Щетилина. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженер-ных технологий, 2013. – 99 с.
3. Витол, И.С. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания [Текст] :учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки дипломированного специалиста 260500 "Технология продовольственных продуктов специального назначения и общественного питания", 260200 "Производство продуктов питания из растительного сырья" и по направлению подготовки бакалавра техники и технологии 260100 "Технология продуктов питания" / И. С. Витол, А. В. Коваленок, А. П. Нечаев. - Москва : ДеЛи принт, 2010. - 352 с.