

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С. П. КОРОЛЕВА

Г. Д. Мальчиков В. А. Векслин

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

Учебное пособие

САМАРА 1998

УДК 502.55:621.039.7

Экологически чистые продукты питания: Учеб. пособие/
Г. Д. Мальчиков, В. А. Векслина; Самар. гос. аэрокосм.
ун-т. Самара, 1998. 36 с.
ISBN 5-7883-0027-4

В пособии рассматриваются следующие вопросы: пищевые ресурсы планеты, прогнозы, народонаселение; загрязнение продуктов питания тяжелыми металлами и химизм их влияния на организм человека; пестициды как химические загрязнители пищевых продуктов; нитраты и нитриты, их токсикология; канцерогенные вещества в пищевых продуктах, а также утилизация отходов и контроль качества продуктов питания.

Пособие предназначается для студентов, изучающих дисциплину "Экология". Выполнено на кафедре "Химия".

Ил. 4. Библиогр.: 31 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королёва

Рецензенты: В. В. Сафронов, В. Д. Измаилов

ISBN 5-7883-0027-4

© Г. Д. Мальчиков,
В. А. Векслина, 1998
© Самарский
государственный
аэрокосмический
университет, 1998

Цель работы — показать загрязнение продуктов питания различными веществами и химизм их влияния на организм человека.

1. ПИЩЕВЫЕ РЕСУРСЫ ПЛАНЕТЫ, ПРОГНОЗЫ, НАРОДОНАСЕЛЕНИЕ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ

Раздел написан по материалам конференции ООН по окружающей среде и развитию, которая состоялась летом 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро.

(Документ: "Глобальная экологическая сводка").

Согласно прогнозам в последующие два десятилетия количество жителей Земли достигнет 7 млрд.

До сих пор никто не смог должным образом сформулировать критерий благосостояния человека, однако принято считать, что наиболее важны здоровье и материальная обеспеченность и часто они тесно связаны между собой.

Люди сейчас живут дольше, чем когда-либо. Глобальная продолжительность жизни возросла с 56,7 лет в 1970-1975 гг. до 61,5 года в 1985-1990 гг. Сейчас больше людей, чем 20 лет назад, пользуются хорошей водой и живут в нормальных санитарных условиях.

Непрерывный рост народонаселения и повышение жизненного уровня обуславливают необходимость постоянного увеличения производства продуктов питания и улучшения их качества. Одновременно происходит перераспределение различных слоев населения (концентрация его в городах, на промышленных и сельскохозяйственных объектах, стройках), в связи с чем должно возрастать обеспечение различных групп населения продовольствием широкого ассортимента, высоких органолептических свойств и биологической ценности. Необходимо улучшить снабжение населения продуктами питания путем увеличения объема производства и с помощью совершенствования (удешевления, ускорения) техноло-

гических приемов переработки сырья, придания продуктам хранимоспособности. Это решается использованием различных химических средств. Последние добавляют в продукты питания на разных этапах технологической обработки в качестве консервантов, отбеливателей, сгустителей, осветлителей, кислот, ароматизаторов, вкусовых веществ, красителей, эмульгаторов, антиокислителей, стабилизаторов, ферментных препаратов. Данные вещества получили название пищевых добавок. Витамины, аминокислоты, микроэлементы добавляют в продукты питания с целью повышения их биологической ценности — они не считаются пищевыми добавками. Использование пищевых добавок в экономически развитых странах постоянно расширяется. Разрабатываются гигиенические требования к технологическим и другим процессам в пищевой промышленности, обеспечивающие безопасность веществ, преднамеренно добавляемых к продуктам питания. Сведения, характеризующие токсические свойства пищевых добавок и степень риска их использования для здоровья населения, накапливаются по мере пересмотра применяемых пищевых добавок и изучения новых. Многие пищевые добавки, ранее используемые, в настоящее время отклонены: бора, борная и салициловая кислоты и другие.

В 1990 г. 57,4% людей жило в деревнях, на фермах и в пастушьих поселениях. Если площадь обрабатываемых земель не уменьшится и не увеличится, то клочок возделанной земли, приходящийся на одного жителя планеты, снизится до 0,23 га к 2000 г. и до 0,15 га к 2050 г.

Количество голодающих людей в мире выросло с 460 млн. в 1970 г. до 550 млн. в 1990 г. и, вероятно, достигнет 600-650 млн. к 2000 г.

Минимальные нормы питания требуют, чтобы на одного человека приходилось по крайней мере 0,6 га обрабатываемой земли. Традиционное земледелие сейчас может прокормить менее половины населения планеты. Можно увеличить урожай, усовершенствовав методы хозяйствования и оборудование, но интенсивное земледелие тяжелым бременем ложится на окружающую среду.

Воду загрязняют промышленные и бытовые отходы, нитраты из удобрений, смытых с полей, кислоты из кислотных дождей и вещества, просачивающиеся из свалок токсичных отходов.

Глобальный мониторинг окружающей среды (GEMS) в рамках Программы ООН по охране окружающей среды (ЮНЕП) сейчас включает 344 станции, непрерывно регистрирующие качество

воды в 9 странах. По сообщениям этой сети 10% рек, на которых ведется мониторинг, загрязнено преимущественно сточными водами.

В развитых странах основная вина за загрязнение вод ложится на промышленность и сельское хозяйство. Уровень содержания нитратов в реках Европы, на которых ведется мониторинг станциями GEMS, в среднем в 45 раз выше, чем в чистых реках. Особенно много фосфатов и пестицидов.

Нитраты из сельскохозяйственных удобрений стали причиной так называемых "красных приливов" — бурного развития микроорганизмов, окрашивающих воду в красный цвет. Эти микробы поглощают кислород из воды, создавая мертвые зоны. Одно из важнейших достижений — международные десятилетия снабжения питьевой водой и улучшения санитарных условий (1981-1990 гг.). Чистую воду и бытовые удобства получили сотни миллионов людей, которые раньше были их лишены.

Наблюдается также катастрофическое загрязнение воздуха: в 1952 г. смог в Лондоне, например, стал причиной смерти 4 тысяч человек на протяжении всего нескольких дней. Хронические заболевания из-за длительного вдыхания загрязненного воздуха не менее коварны. Наиболее вредны оксиды серы, образующиеся в основном при работе электростанций и промышленных предприятий, оксиды азота в выбросах электростанций, промышленных предприятий и выхлопах автомобилей, оксид углерода. Система глобального мониторинга окружающей среды (GEMS), действующая в рамках программы ЮНЕП, следит за состоянием воздуха в 75 странах. По данным GEMS почти 900 млн. жителей городов испытывают вредное воздействие сернистого газа и более миллиарда страдают от загрязнения воздуха пылью и сажей.

За последние 20 лет в атмосфере выявлено 261 органическое вещество, а также микроколичество таких металлов, как Cd, Cu, Hg, Zn. Кислотные дожди представляют серьезную проблему.

Борьба с загрязнением воздуха началась. Многие страны приняли жесткие законы, перешли на более чистое топливо и стали контролировать содержание примесей в воздухе. Болгария, например, сумела уменьшить выбросы на 1,6 млн. тонн в год за 1976-1980 гг.

На заседании 28 Генеральной ассамблеи Международного союза по теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) был создан комитет, который получил название "КЭМРОН", что значит "Химические исследования для нужд человечества". С тех

пор "КЭМРОН" провел ряд международных конференций, среди которых: "Будущие источники органического сырья" (Торонто, 1978 г.), "Химия и снабжение человечества пиццей" (Манила, 1982 г.), "Химия и биохимия — мосты в будущее" (Гаага, 1986 г.) и другие.

Химия сыграла важную роль во всех достижениях промышленной революции и занимает одно из основных мест во многих областях современной жизни. Однако ни в одной из этих областей химия так тесно не связана с удовлетворением непосредственных потребностей человека как в деле решения продовольствия. Достижения химии в сельском хозяйстве принято характеризовать как "Зеленую революцию". Следующая вторая "Зеленая революция", по мнению специалистов, состоится в 21 веке, но ответственными за нее будут уже не химия, а биология, генетика, геновая инженерия, селекция.

Перед химиками-исследователями и химиками-практиками стоит важная задача по разработке и "внедрению в практику" сбалансированных продуктов питания, в которых содержится все, что надо и столько, сколько надо и ничего лишнего.

Для поддержания жизнедеятельности организма человека нужны не только белки, жиры, углеводы, витамины и аминокислоты, но и определенный набор микроэлементов. В организме человека содержится 65% кислорода, 18% углерода, 10% водорода, 3% азота, 2% кальция, 1,1% фосфора, 0,35% калия, 0,25% серы, 0,15% натрия и хлора; магния, железа, марганца, меди, йода, кобальта, цинка и стронция — менее 0,01% (каждого). Кислород, углерод, водород и азот входят в состав главных пластических материалов организма — белков, жиров, углеводов (вместе с водой примерно 96% массы человека) и относятся к макроэлементам — органогенам. Все прочие элементы относятся к минеральным компонентам организма человека и составляют все вместе 4% его массы.

Особенно важную роль в организме играют магний, кальций, марганец, железо, кобальт, медь, цинк и молибден, названные "металлами жизни", а также селен, йод и фтор. Установлена прямая связь между микроэлементами и ферментами, витаминами, гормонами и нуклеиновыми кислотами. Минеральные вещества либо повышают, либо понижают активность ферментов, влияют на обмен веществ, функции желез и так далее.

К необходимым элементам, как теперь известно, относятся также хром, ванадий, никель, кремний, олово и мышьяк.

Химический состав пищи и воды в известной мере отражает

состав окружающей среды. Понижение поступления микроэлементов в организм может быть связано с наличием в пище сложных органических веществ, способных к комплексообразованию. Эти вещества подавляют утилизацию минеральных составляющих пищи, в первую очередь кальция, железа, цинка и меди. Избыток же жизненно важных микроэлементов в пище, обусловленный загрязнением окружающей среды или повышенный геохимическим фоном, оказывает вредное воздействие на организм человека. Например, известны тяжелые случаи отравления, вызванные пищевыми продуктами, которые хранились в цинковой или оцинкованной посуде.

Питание является одним из важнейших факторов воздействия внешней среды на организм человека. Оно показывает большое влияние на его жизнедеятельность и работоспособность. Пища должна содержать около 60 различных веществ, основными из них являются белки, жиры или липиды, углеводы, органические кислоты, витамины, минеральные вещества и вода. Усредненные суточные нормы потребления основных пищевых веществ в зависимости от характера выполняемых работ, возраста, пола, климатических условий и других факторов разработаны институтом питания Академии медицинских наук. Эти нормы могут изменяться в соответствии с национальными потребностями, исторически сложившимися традициями.

Рациональное питание, его организация обеспечивает здоровье и высокую работоспособность. Дальнейшее улучшение питания возможно за счет роста потребления наиболее ценных в питательном отношении продуктов. Особое внимание должно быть уделено рациональному использованию сырья, снижению потерь в процессе производства продуктов питания. Разработаны нормы рационального питания для всех возрастных групп населения.

2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ХИМИЗМ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Основное внимание в этом разделе уделено тем химическим элементам, которые являются наиболее распространенными загрязнителями пищевых продуктов. Эти загрязнители имеют важную особенность. Согласно биохимическому учению академика В. И. Вернадского большинство из них принадлежит к рассеян-

ным элементам (микроэлементам), которые присутствуют в микроколичествах повсеместно — в подземных и поверхностных водах, горных породах, почвах, атмосферном воздухе, живом веществе. С пищей, водой и воздухом эти вещества поступают в организм человека. В нем микроэлементы распределяются неравномерно. Так, фтор накапливается преимущественно в зубах и костях, кадмий в почках, печени и других органах.

Часть элементов относится к жизненно необходимым — биомикроэлементам. Для большинства из них определена оптимальная физиологическая потребность. Так, для взрослого человека суточная потребность составляет (в мг):

медь	-- 2-2,5;
марганец	-- 5-6;
кобальт	-- 0,1-0,2;
цинк	-- 10-12;
никель	-- 0,6-0,8.

Присутствие рассматриваемых веществ в пищевых продуктах в количествах, в 2-3 раза превышающих фоновые, нежелательно, а превышение ПДК недопустимо. Восемь из них (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, медь, стронций, цинк, железо) объединенная комиссия ФАО и ВОЗ по пищевому кодексу включила в число тех компонентов, содержание которых контролируется при международной торговле продуктами питания. В России подлежат контролю еще 7 химических элементов (сурьма, никель, хром, алюминий, фтор, йод), а при наличии показаний и другие.

Тяжелые металлы попадают в пищевое сырье и продукты главным образом следующими путями: в районах месторождения металлических или других руд соответствующими элементами загрязняется почва, а от нее растительность и воды, они содержатся в атмосферных выбросах и других отходах промышленных предприятий, электростанций, транспорта. почва может загрязняться этими химическими веществами при удобрении недостаточно очищенными сточными водами, осадками из очистных сооружений и другими. При загрязнении водоема ими могут загрязняться гидробионты, особенно моллюски-фильтраторы и хищные рыбы. Они могут переходить в пищевые продукты при контакте с материалами посуды, оборудования, тары, упаковок и другими.

При литье металлов может иногда наблюдаться развитие профессионального заболевания — литейной лихорадки. Решающим для развития такого заболевания является не химическая природа действующего материала, а его физическое состояние (вдыхание металлических паров). Механизм развития литейной лихорадки объясняется проникновением в организм оксидов металлов. Образующиеся при плавлении металлические пары быстро и легко превращаются в оксиды, которые благодаря своей высокой дисперсности (размер частиц около 0,4-0,6 мкм) легко проникают в глубокие дыхательные пути. Обладая чрезвычайно высокой кинетической энергией и большим электрическим зарядом, они вызывают денатурацию клеточных белков.

Так, например, ртуть — жидкий металл, легко испаряющийся уже при комнатной температуре. Концентрация ртути в помещении зависит от поверхности испарения, температуры помещения и вентиляции. Опасность отравления существует при добыче ртути на рудниках, выплавке ее из руд, на электростанциях, при изготовлении радиовакуумных аппаратов, производстве термометров, барометров и других измерительных приборов, рентгеновских трубок, ртутных насосов, градуированной химической посуды, при изготовлении точных приборов и пользовании ими. В промышленных условиях наиболее важное значение имеют пары металлической ртути, которая проникает в организм главным образом через дыхательные пути. Соединения ртути обладают способностью всасываться через кожу, поэтому ртуть и ее соединения, в особенности органические, причисляют к опаснейшим, высокотоксичным веществам, кумулирующимся в организме человека.

Ртуть находится в природе в трех состояниях: металлическая (Hg), одновалентный ион, состоящий из двух ядер ковалентной связи между атомами (Hg-Hg), и двухвалентный ион (Hg²⁺). Растворимость различных соединений ртути в воде и жирах — 5-50 мг/л. Так как ртуть и ее соединения летучи, то она повсеместно распространена в атмосфере. Источниками ртути для биосферы являются горные породы, месторождения богатых ртутью ископаемых (например, киновари), извержение вулканов, испарение ртути с поверхности почвы и воды. Фоновые концентрации ртути в почве составляют 0,01-0,06 мг/кг, а в поверхностных слоях в 5-10 раз больше. К промышленным источникам ртути относятся сжигание топлива, электротехническая и целлюлозная промыш-

ленность, а также промышленные стоки ряда производств. Ежегодно от 3000 до 150000 т ртути в виде паров и аэрозолей выделяются в атмосферу. Фоновая концентрация ртути в ней составляет 0,001-0,8 мкг/м³, а в промышленных городах может быть на два и даже три порядка выше. Атмосфера играет ведущую роль в региональном и глобальном распространении ртути.

О содержании ртути в суточных рационах сведения немногочисленны. Известно, что в обычных благоприятных условиях уровень ртути не превышает 25 мкг, т. е. значительно меньше, чем допустимая суточная доза (ДСД). Население тех мест, где потребляют 300-500 мкг ртути в сутки, относят к группам людей повышенного риска. Токсическое действие ртути зависит от вида соединения: алкилртутные соединения с короткой цепью — метилртуть, этилртуть. Они больше накапливаются в организме, лучше растворяются в липидах и легче проникают через биологические мембраны. Чувствительность нервной системы к метил- и этилртути выше, чем к другим соединениям.

В механизме токсического действия ртути ведущую роль играет взаимодействие с SH- группой белков. Блокируя их, ртуть изменяет биологические свойства тканевых белков и инактивирует ряд гидролитических и окислительных ферментов. Ртуть, проникнув в клетку, может включаться в структуру ДНК. Поступление ртути в организм отрицательно влияет на обмен пищевых веществ.

Неорганические соединения ртути нарушают обмен аскорбиновой кислоты, пиридоксина и др., органические — обмен белков, цисцицина, токоферолов, железа, меди и др. Ртуть относят к протоплазматическим ядам, а селективное поражение органов зависит от особенностей распространения различных соединений ртути в организме человека.

Хронические отравления ртутью характеризуются поражением центральной и вегетативной нервной системы, печени и выделительных органов: почек, органов пищеварения. Наблюдающаяся при длительном поступлении относительно небольших доз ртути клиническая картина получила название микромеркуриализма. При ней отмечается головная боль, быстрая утомляемость, ослабление памяти, чувство беспокойства, апатия, ухудшение аппетита, похудение, снижение иммунозащитных сил. При исследовании крови определяются лимфоцитоз, моноцитоз, эозинофилия, нередко возрастание количества эритроцитов и ретикулоцитов. Большой интерес вызвало сообщение о защитном эффекте цинка и

особенно селена при воздействии ртути. В эксперименте селен в дозе 50-75 мкг/кг массы тела предупреждал появление неврологических симптомов и уменьшение массы тела. Защитное действие селена (в том числе содержащегося в рыбных продуктах, например в тунце) усматривают в деметилировании ртути с образованием нетоксичного селенортутного комплекса. Кроме селена, токсичность неорганических соединений ртути снижают аскорбиновая кислота и медь при повышенном поступлении в организм, а органических соединений — протены, цистеин, токоферолы. Увеличенное поступление биологически ценных белков в эксперименте резко уменьшает нарушения при воздействии метилртути.

Рыбы поглощают неорганические соединения ртути и метилртути непосредственно из воды и корма, в который входят преимущественно другие гидробионты.

Все формы ртути прямым или непрямым путем переходят в метилртуть (рис. 1). Но метилртуть может синтезироваться в печени рыб при достаточном содержании в корме цианкобаламина. В мышечной ткани рыб не менее чем 1/4-1/3 ртути находится в виде метилртути. С возрастом в мышечной ткани рыб увеличивается общая концентрация ртути и доля метилртути с 33 до 98%. При увеличении массы рыбы в 8 раз уровень ртути повышается в 2,5-3 раза.

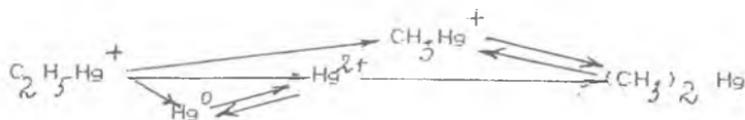


Рис. 1. Упрощенная схема превращений ртути в воде

На рис. 2 показано содержание ртути в осевой мускулатуре шук из различных водоемов Швеции в сопоставлении с весом тела.

Чем выше начальная точка, тем круче поднимается кривая, т. е. тем быстрее идет дальнейшее накопление ртути.

Данные о содержании ртути в окружающей среде и нормативы позволяют санитарной службе квалифицированно решать вопросы гигиенической экспертизы отдельных продуктов и рационов в ситуациях любой сложности, а также в случаях комплексного воздействия ртути на организм человека (в составе пищи, питьевой воды, атмосферного воздуха).

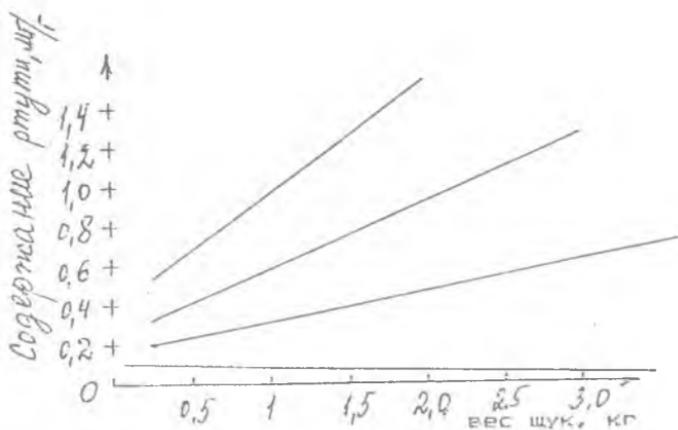


Рис. 2. Содержание ртути в осявой мускулатуре шук из различных водоемов Швеции в сопоставлении с весом

В настоящее время одной из важнейших проблем является строжайшее предупреждение глобального и локального загрязнения окружающей среды ртутью с учетом разработанных гигиенических регламентов. К основным мерам предупреждения загрязнения ртутью относят:

1. Ограничение использования ртути и ее соединений в промышленности, а также резкое сокращение и затем полное запрещение ее применения в сельском хозяйстве.
2. Более глубокая очистка промышленных сточных вод от ртути до установленных гигиенических регламентов и переход на обратное водоснабжение.
3. Изыскание способов предупреждения загрязнения атмосферы промышленными выбросами, в том числе при сгорании топлива.
4. Мониторинг за содержанием ртути в объектах окружающей среды.

Тяжелый металл кадмий представляет собой один из самых опасных токсикантов среды (например, он значительно токсичнее свинца). В природной среде кадмий встречается лишь в очень малых количествах — именно поэтому его отравляющее действие было выявлено лишь недавно. Дело в том, что только 2-3 послед-

них десятилетия он стал находить все большее техническое применение. Он содержится в мазуте и дизельном топливе (и освобождается при его сжигании), его используют в автоматике, производстве полупроводников и специальных сплавов, щелочных аккумуляторов, полимеров (в качестве стабилизатора), антикоррозионных покрытий и др. В результате всего этого, а также при сжигании кадмийсодержащих пластмассовых отходов кадмий может попадать в воздух. По данным Хясинена в Балтийское море ежегодно поступает 200 т кадмия, в том числе и 45% из воздуха. А во всем мире, судя по имеющимся сведениям, в окружающую среду ежегодно выбрасывается примерно 5000 т.

В растениях кадмий связан органическими соединениями, которые пока не расшифрованы. В животных тканях он связан с металлотионеином — низкомолекулярным белком, богатым цистеином и, следовательно, SH-группами. В состав этого металлоорганического соединения входят цинк и кадмий в эквимолекулярных количествах, но при значительном поступлении в организм кадмий вытесняет цинк.

Кадмий в организм человека поступает в основном с пищей в количестве 30-60 мкг/сут, реже — 100-200 мкг/сут. Мясные, рыбные продукты и птица являются источником 39% кадмия, зерновые — 22,8%, картофель и овощи — 20,2%, молокопродукты — 7,7%, фрукты — 10,3%. Резко возрастает содержание кадмия в рационе при включении в него устриц и других моллюсков, почек, печени. Жители городов примерно 80% кадмия получают с пищей, а 20% респираторно — из загрязненной атмосферы и при курении. Листья табака селективно накапливают значительное количество кадмия. В одной сигарете содержится 1,56-1,96 мкг кадмия, из которых 5-20% могут попасть в дыхательные пути. По сравнению с некурящими у курящих уровень кадмия в крови в 1,5 раза, а в почках примерно в 2 раза выше.

При попадании с пищей организмом усваивается лишь 6-8% кадмия, а при респираторном введении — 10-50%. Этим объясняется столь большая опасность поступления в организм кадмия при курении. Из организма кадмий удаляется через почки, пищеварительный канал и с желчью.

Кадмий принадлежит к токсикантам, обладающим высокой способностью кумулироваться в тканях, в которых он находится как в ионной форме (неорганические соединения), так и в комплексе с тионеином. В форме последнего в организме содер-

жится $2/3$ кадмия. В печени 40%, в почках 75-80% кадмия связано белками. В виде металлотионеина кадмий не токсичен, и этим объясняют толерантность организма к частому введению небольших доз кадмия, которые стимулируют синтез защитного белка.

При длительном эксперименте на крысах с введением радиоактивного кадмия показано, что если накопление этого элемента в мозге принять за единицу, то в мышцах коэффициент накопления равен 1, в костях — 15, в яичках — 100, в яичниках — 250, в печени — 500, в почках — 1500. Таким образом, почки являются главной мишенью биологического действия кадмия.

Разработано несколько математических моделей для расчета основных параметров метаболизма кадмия в организм человека и животных. Они позволили вычислить, что период полувыведения кадмия из организма составляет 13-40 лет. Модели можно использовать для прогнозирования последствий любого увеличения содержания кадмия в пищевом рационе и питьевой воде.

Смертельная доза кадмия для человека составляет 150 мг/кг. Считают, что основной механизм токсического действия кадмия — блокирование сульфгидрильных групп ферментов. Кроме того, токсическое действие кадмия связано с его физиологическим антагонизмом к цинку. Кадмий конкурирует с цинком и в меньшей мере с кобальтом и селеном за акцепторные участки белковых молекул, в том числе и жизненно важных цинкосодержащих металлоферментов. Кадмий также нарушает обмен железа и кальция.

Количество кадмия, попадающего в организм человека, зависит не только от потребления им кадмийсодержащих пищевых продуктов, но и в большей степени от качества его диеты. В частности, даже весьма незначительная недостаточность железа может заметно усилить аккумуляцию кадмия.

Кадмий почти невозможно изъять из природной среды, поэтому он все больше накапливается в ней и попадает различными путями в пищевые цепи человека и животных. Чаще всего причиной повышенного содержания кадмия в пище являются промышленные газообразные выбросы. Известные до сих пор данные о максимальной аккумуляции кадмия в пищевых продуктах относятся к свиным почкам, где находили до 2 мг кадмия. Все (без исключения) исследованные яйца серых куропаток и фазанов из Верхнего Эльзаса содержали кадмий (а значительно больше половины яиц еще и ртуть). Двухстворчатые моллюски могут аккумуляиро-

вать кадмий, повышая его концентрацию в миллион раз по сравнению с его содержанием в морской воде.

Однако больше всего кадмия мы получаем с растительной пищей. Дело в том, что кадмий чрезвычайно легко переходит из почвы в растения: последние поглощают до 70% кадмия из почвы и лишь 30% — из воздуха. Особенно большую опасность представляют в этом отношении грибы, которые часто могут накапливать кадмий в исключительно высоких концентрациях. Так, например, в луговых шампиньонах было найдено до 6 мг/кг кадмия (вообще же в шампиньонах находили до 170 мг/кг). Луговые шампиньоны аккумулируют главным образом кадмий, а наряду с этим свинец и ртуть; у других видов грибов дело может обстоять иначе: например, пестрый грибок-лягушка накапливает в первую очередь свинец и ртуть и в сравнительно меньших размерах — кадмий.

В то время как степень загрязнения продовольственных продуктов свинцом и ртутью значительно ниже международных норм допустимой нагрузки, то загрязнение кадмием согласно произведенным до сих пор (еще неполным) оценкам близко к соответствующим предельным уровням. Около 40% этого кадмия приходится на черный хлеб. Видимо нужно признать, что не свинец и не ртуть, а именно кадмий является самым опасным тяжелым металлом, особенно в связи с тем, что он "через почву и корни растений легко попадает в пищевые цепи". Поэтому Оберлендер (из Федерального н/и института сельскохозяйственной химии в Вене) считает необходимым следить за миграцией кадмия в цепи: почва — растение — животное, чаще проводя контрольные анализы.

Свинец — это опасный токсикант и среди современных токсикантов играет весьма заметную роль.

Во времена расцвета Древнего Рима были введены в употребление свинцовые трубы для водопроводов и металлические сплавы, содержащие свинец, для кухонной посуды и сосудов для питья. В этот период у представителей высших слоев римского общества в организме накапливалось повышенное количество свинца. Исследование содержания свинца в скелетах из захоронений того времени подтверждает это предположение. На этих данных базируются теории, объясняющие упадок римского могущества хроническим свинцовым отравлением тогдашней интеллигенции. Свинец легко переходит из стенки сосуда в жидкость, которая в него налита. Это показывает опыт с керамическими сосудами, покрытыми свинцовой глазурью, которые в прошлом экспортировались из Канады в ФРГ.

В настоящее время биосфера интенсивно загрязняется свинцом антропогенного происхождения. Содержание свинца в продуктах питания невелико, различно в разных регионах нашей планеты и в среднем составляет 0,2 мг/кг.

Механизм токсического действия свинца, как и других тяжелых металлов, заключается в блокировании функциональных SH-групп белков. Свинец в основном воздействует на кровеносную, нервную, пищеварительную системы и почки.

Обнаружить свинец в организме человека остается проблемой, и врачи диагностируют свинцовые отравления как психогенное заболевание. В нашей пище находят свинец в количестве до 2 мг/кг. Около двух третей всего поглощаемого количества свинца человек получает потребляя растительные продукты. Свинец также присутствует в этилированном бензине, применяемом в автомашинах. Это вызывает многочисленные отравления животных, поедающих растительность по обочинам магистралей.

В России установлены следующие ПДК свинца в пищевых продуктах (мг/кг): рыбопродуктах — 1; мясопродуктах, овощах — 0,5; молоке и молочных продуктах — 0,05; фруктах, соках — 0,4; хлебопродуктах — 0,2.

Мы рассмотрели основные токсиканты среды со стороны такого понятия как "тяжелые металлы". На самом деле их гораздо больше. В их число входит цинк, сурьма, а также фтор и множество других, не менее опасных.

К биомикроэлементам относятся фтор, медь, никель, олово, хром (Ш) и цинк.

Медь необходима для нормального течения многих физиологических процессов, она участвует в тканевом дыхании и кроветворении. В растительных продуктах чаще всего содержится меди от 1 до 10 мг/кг, в коровьем молоке — 0,08-0,4 мг/кг, в куриных яйцах 0,8-1,5 мг/кг, в мясе — 2-4 мг/кг, в печени и других внутренних органах — до 20 мг/кг.

Цинк входит в состав около 80 ферментов.

В России приняты следующие ПДК цинка в пищевых продуктах (в мг/кг): в молочных продуктах — 5; в овощах, фруктах, соках, напитках — 10; хлебопродуктах — 5; мясо- и рыбопродуктах — 40.

Наиболее вредное воздействие на организм человека оказывает избыточное поступление фтора, т. к. его высокие концентрации снижают активность ферментов, участвующих в обмене веществ. Гео- и биохимические процессы, а также продовольственная и

бытовая деятельность людей обуславливают миграцию, рассеивание и концентрацию фтора в биосфере. Эти процессы могут приводить к образованию фтористых геохимических районов антропогенного происхождения. Фтор накапливается в верхних слоях почвы, почвенной пыли и внутри растений. ПДК фтора в продуктах питания (в мг/кг): в чае — 100; морской рыбе и изделиях из нее — 300; молоке — 1,5; мясе, зерновых, фруктах, овощах — 2,5; в фруктовых соках — 2,5.

3. ПЕСТИЦИДЫ КАК ХИМИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ПУТИ И ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ. ХИМИЗМ ИХ ДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

К пестицидам относят вещества, обладающие губительным действием в отношении различных вредителей. Сфера их применения чрезвычайно широка. Их используют в растениеводстве, животноводстве, мясном хозяйстве, медицинской паразитологии, некоторых отраслях промышленности.

По своей природе пестициды делят на две группы: препараты химического и биологического происхождения. Опасность воздействия пестицидов состоит в том, что они способны накапливаться в органах и тканях организмов длительное время. Этим отличаются хлорсодержащие органические соединения и механизм их токсического влияния полностью не раскрыт. Фосфорорганические соединения также высокотоксичны. Это ферментные яды. Блокируя ферменты, они нарушают жизненно важные функции организма. Таким образом, использование пестицидов опасно и нецелесообразно. Оправдано ли использование пестицидов и с экономической стороны? Во-первых, они очень дороги. Поставки пестицидов сельскому хозяйству выросли с 1970 г. более чем вдвое, производство растениеводческой продукции — лишь в 1, 2 раза. Ядохимикаты приносят огромный косвенный ущерб, изменяя естественное соотношение видов в экоценозе. Правда, "супер" инсектицид ДДТ спас миллионы жизней — малярийный плазмодий почти лишился своего распространителя — комара. Также пострадали и такие насекомые, как муха це-це. Но вредные насекомые адаптировались, а гибель насекомых-опылителей

возросла. К тому же ядохимикаты способны вызвать мутации. Существуют факты, которые показывают, что пестициды стимулируют распространение вирусов.

В пятидесятые годы после десятилетия применения ДДТ выяснилось, что насекомые не восприимчивы к нему, а под угрозой оказалась жизнь самого человека и окружающих его животных. Этот препарат склонен отлагаться в организме теплокровных. ДДТ очень стоек и каждая порция, попавшая в атмосферу, остается там на века. Он необыкновенно летуч, частица облетает вокруг земли за 3-4 недели. В организме людей, страдающих гипертонией и другими сердечно-сосудистыми заболеваниями, пестицидов больше, чем в тканях здорового человека.

Наиболее опасными загрязнителями для человека являются диоксины и это внушает огромную тревогу. При обеззараживании воды хлором в ней появляются различные диоксины прямо в воде. Экспериментально была показана реальность конденсации хлорфенолов в диоксины в водопроводной воде. В природных водах всегда имеются гуминовые и другие кислоты, а также другие вещества органического происхождения, которые служат источником для получения фенола, который, в свою очередь, при хлорировании превращается в диоксин.

В результате дохлорирования воды они могут превращаться в новые соединения с большим числом атомов хлора. Возможен также переход малотоксичных диоксинов в высокотоксичные, причем катализатором превращения служит железо водопроводных труб.

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 "Система стандартов безопасности труда: вредные вещества, классификация и общие требования безопасности" все вредные вещества делят на четыре класса опасности: I — чрезвычайно опасные, ПДК составляет $< 0,1$ мг/м³; II — высокоопасные, ПДК составляет 0,1-1,0 мг/м³; III — умеренно опасные, ПДК — 1,1-10,0 мг/м³; IV — малоопасные, ПДК $> 10,0$ мг/м³.

Одним из важнейших критериев, определяющих степень опасности химических средств защиты растений и животных, является возможность реального поступления их в организм человека и, в первую очередь, с продуктами питания.

Каково положение с фактическим содержанием пестицидов в продуктах питания в нашей стране? Каковы пути и источники поступления пестицидов в продукты питания?

В зависимости от назначения, сферы и условий применения пестицидов пути возможного поступления их в продукты питания могут быть прямые и косвенные. К прямым путям относят: обработку растений, обработку сельскохозяйственных животных и обработку хранящихся и транспортируемых продуктов. К косвенным путям загрязнения сельскохозяйственной продукции относят: поступление пестицидов в растения из загрязненной ими почвы по корневой системе; загрязнение растений аэрогенным путем; использование воды, загрязненной пестицидами; снос пестицидов в момент обработки, скармливание сельскохозяйственным животным и птице кормов, содержащих пестициды и т. д. Миграция пестицидов происходит по различным пищевым цепям: растение → пчелы → человек; растение → животные → человек; вода → зоофитопланктон → рыбы → человек и другие.

Пищевые продукты могут загрязняться используемыми в сельском хозяйстве химическими средствами и другого назначения. К ним относятся регуляторы роста — вещества, регулирующие плодоношение, предотвращение прорастания клубнеплодов при хранении и полегании зерновых, а также дефолианты и десиканты, применяющиеся для облегчения механизированной уборки картофеля, бобовых, хлопка и других культур.

Загрязненность продуктов питания и сельскохозяйственного сырья пестицидами определяется рядом факторов, которые условно могут быть разделены на следующие четыре основные группы:

1. Особенности пестицида — структура, физико-химические свойства.
2. Особенности обрабатываемых объектов (растения, животные и др.)
3. Условия применения пестицидов.
4. Почвенно-климатические условия.

На рис. 3 показаны пути предотвращения вредного воздействия пестицидов на здоровье человека при поступлении их из различных объектов окружающей среды.

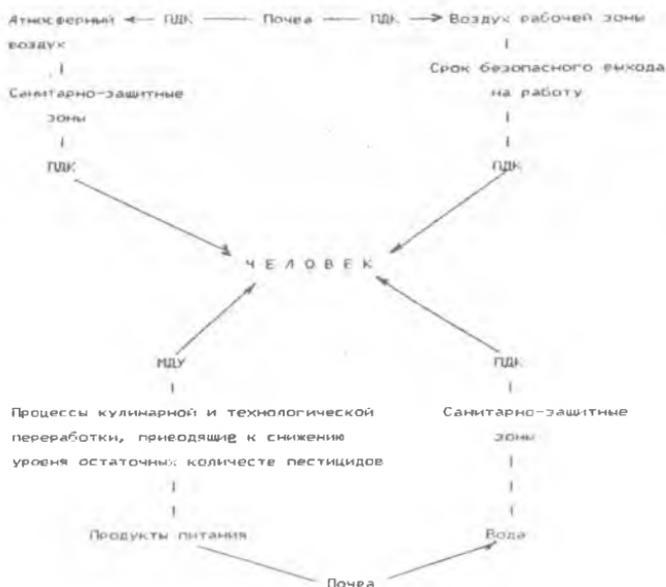


Рис. 3. Пути предотвращения вредного воздействия пестицидов на здоровье человека при поступлении их из различных объектов окружающей среды

4. НИТРАТЫ И НИТРИТЫ. НИТРАТЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ. ТОКСИКОЛОГИЯ НИТРАТОВ И НИТРИТОВ

Нитраты, нитриты и другие азотсодержащие соединения привлекают в настоящее время особое внимание. Связано это с тем, что увеличивающееся применение азотных удобрений привело к возрастанию уровня нитратов в почве и опосредованно — в используемых для водоснабжения в грунтовых и поверхностных водах, а также в сельскохозяйственных культурах. Обнаружилось также, что нитриты легко вступают в реакцию со вторичными аминами и амидами с образованием нитрозамидов. Кроме того, нитраты и нитриты порознь и в сочетании широко применяются в качестве пищевых добавок. Они используются для фиксации цвета и в качестве консервирующего вещества для мяса и мясопродуктов, рыбопродуктов, а также некоторых видов сыров. Систематическое поступление в организм человека повышенных коли-

честв нитратов, нитритов чревато неблагоприятными сдвигами в жизнедеятельности и здоровье, возрастанием риска онкологических заболеваний. Поэтому содержание нитратов, нитритов и некоторых других азотсодержащих соединений в пище человека стало одной из актуальных проблем пищевой токсикологии, в которой еще много нерешенного.

Нитраты и другие азотсодержащие соединения широко распространены в биосфере, они присутствуют в почве. Минеральный азот в почве представлен, главным образом, аммонием и нитратами. Аммоний адсорбируется почвой и нитрофицируется.

Ион NO_3^- почвой не поглощается, вследствие чего весь нитратный азот находится в почве в растворе, в легкоподвижном, доступном для растений виде. Нитриты являются легко реагирующими соединениями, поэтому обычно их в почве мало — десятые доли миллиграмма на килограмм.

Растения ассимилируют нитраты с помощью корневой системы двумя путями: восстановлением нитратов в нитриты, что катализируется нитратредуктазой, а также восстановлением нитритов в аммиак, что катализируется нитритредуктазой. Амины используются для синтеза аминокислот и белков. Самым мощным фактором, способным значительно повысить концентрацию нитратов в растениях, является их увеличение уровня в почве вследствие процесса нитрификации или в связи с целенаправленным внесением в почву азотных удобрений, применение которых резко возросло. Наибольшие концентрации нитратов встречаются в зелени, овощах (особенно корнеплодах), бахчевых (от $n 10$ до $n 10^3$ мг/кг), меньше — в злаках, фруктах, ягодах, продуктах животного происхождения (примерно $1-3$ мг/кг до $n 10$ мг/кг). Поэтому можно полагать, что даже при умеренном применении удобрений источником 80-90% суточного количества нитратов для человека служат овощи (свекла, морковь, картофель, капуста и др.) и зелень. Особенно большим накоплением нитратов отличаются черная редька, столовая свекла, салат, щавель, редиска, ревень, сельдерей, шпинат, листья петрушки, укроп. Содержание нитритов в растениях на 3-4 порядка меньше, чем нитратов, а во фруктах и ягодах они практически отсутствуют. Но даже в овощах уровень нитритов редко превышает 1 мг/кг и лишь в отдельных случаях достигает 2 мг/кг. Чем свежее овощи, тем меньше в них нитритов, в хранящихся овощах уровень нитритов выше на 50-60%.

Для полного представления о суточной нагрузке организма человека нитратами необходимо учитывать также их концентрацию в питьевой воде, которая может значительно колебаться в зависимости от источника водоснабжения. Для удаления нитратов из воды предлагают использовать ионообменные фильтры или биологическую денитрификацию.

Часть нитритов и нитратов, поступивших в пищеварительный канал, метаболизируется микрофлорой желудка и кишок, а остальное количество легко всасывается. В зависимости от микрофлоры кишок, pH среды и характера пищи могут образовываться NO, NO₂, N₂O, гидроксилламин, аммиак и другие соединения, которые способны всасываться. Всасывание происходит главным образом в желудке. В течение 8 ч выделяется с мочой 42-90% введенных нитратов. Наивысшее содержание метгемоглобина в крови обнаруживается через 2-3 ч после приема воды с нитратами. Концентрация нитратов в моче и слюне пропорциональна количеству, введенному в организм. Одним из путей образования нитратов в организме человека является восстановление нитратов слюны под воздействием бактерий полости рта. В слюне человека обычно содержится нитритов 1-10 мг/л. После потребления 100 мг нитратов концентрация нитритов в слюне нарастает примерно на 15-20 мг/л.

Нитриты, поступая из кишок в кровь, взаимодействуют с гемоглобином (окисляя двухвалентное железо), в результате чего образуется нитрозогемоглобин, трансформирующийся в метгемоглобин и частично в сульфгемоглобин. В патогенезе острой нитритной интоксикации основную роль играет трансформация гемоглобина в метгемоглобин, неспособный осуществлять обратимое связывание кислорода. Вследствие уменьшения кислородной емкости крови развивается клиническая картина гипоксии. 1 мг нитрита натрия может перевести в метгемоглобин около 2000 мг гемоглобина.

По данным М. Я. Роома пороговой дозой нитрит-иона, вызывающей достоверное повышение концентрации метгемоглобина в крови людей, является примерно 0,05 мг на 1 кг массы тела. Среднее содержание метгемоглобина в крови нормальной популяции людей — 2%, при 8-10% может отмечаться бессимптомный цианоз, при 30% и более — симптомы острой интоксикации (одышка, тахикардия, цианоз, слабость, головная боль), при 50% и более возникает опасность для жизни. Токсичность нитритов

зависит как от дозы, так и от способности организма с помощью метгемоглобинредуктазы восстанавливать метгемоглобин в гемоглобин. Чем меньше возраст грудных детей, тем тяжелее протекает нитритная интоксикация, т. к. у них частично или полностью отсутствует в эритроцитах метгемоглобинредуктаза. Кроме того, эмбриональный гемоглобин быстрее окисляется нитритами. Скорость окисления гемоглобина вплоть до периода половой зрелости постепенно уменьшается, а затем резко снижается.

Л. Я. Васюкович и соавторы на основании экспериментов обосновали ПДК нитритов в питьевой воде 1 мг/л, т. е. 0,034-0,05 мг/кг массы тела. Ряд исследователей подчеркивают, что при хроническом воздействии нитритов у крыс снижается содержание в органах ретинола, аскорбиновой кислоты, токоферолов, тиамина и пиридоксина. О возможности отдаленных эффектов при хронической нитритной интоксикации единого мнения нет, поскольку исследовалось действие преимущественно больших доз.

Нитраты не являются метгемоглобинообразователями и сами по себе не обладают выраженной токсичностью. Они быстро выделяются из организма с мочой.

В России установлена ПДК нитратов в питьевой воде на уровне 45 мг/л (10 мг нитратного азота в 1 л), что составляет около 0,7 мг/кг массы тела нитратов.

Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) пришли к заключению, что безусловно допустимая суточная доза нитратов для взрослого человека равна 5 мг/кг массы тела. По экспериментальным данным В. Т. Митченкова допустимая суточная доза (ДСД) составляет 4,2 мг/кг массы тела, т. е. близка к рекомендованной ВОЗ. Для взрослого человека с массой тела 60 кг допустимое суточное потребление (ДСП) равно 300 мг в расчете на ион нитрата. Нитраты могут поступать в организм человека с пищей и питьевой водой. Поэтому представляло интерес определить коэффициент биологической активности (КБА) нитратов воды по сравнению с содержанием нитратов в пищевых продуктах. По данным Митченкова КБА равен 1,25 и его необходимо учитывать в расчетах.

В суточном рационе могут присутствовать как нитраты, так и нитриты. Их биологическое действие может взаимно усиливаться. Поскольку нитраты и нитриты по своим токсикодинамическим свойствам сходны, имеются основания для определения КБА нитритов путем сопоставления изоэффективных величин нитра-

тов и нитритов пищи и питьевой воды. При сравнении названных параметров искомый КБА нитритов варьирует от 33 (ДСД нитратов — 5 мг/кг, а нитритов 0,15 мг/кг массы тела) до 45 (ПДК нитратов в воде — 45 мг/л, а нитритов — 1 мг/л). Большинство советских исследователей принимают КБА нитритов 40 (Г. Н. Красовский и соавт.).

Нормирование нитратов-нитритов как пищевой добавки. В связи с токсичностью нитритов применение нитратов и нитритов в качестве пищевых добавок строго регламентируется. В России ранее в готовом продукте допускалось содержание нитритов до 200 мг/кг, теперь — до 50 мг/кг (в экспортируемых — до 30 мг/кг).

Допустимая концентрация нитратов в пищевом рационе и продуктах питания. Утверждены "Временные рекомендации по методике гигиенического регламентирования содержания нитратов в пищевом рационе. овощных и бахчевых культурах" (от 12. 09. 85 г. № 3156-85). Эти рекомендации составлены с учетом того, что ДСП нитратов для взрослого человека равняется 300 мг. Поскольку ПДК нитратов в питьевой воде равна 45 мг/л, а суточное потребление воды в среднем составляет 2 л, то на долю пищевых продуктов приходится 210 мг (300-90). В соответствии с рекомендациями следует распределить 210 мг среди тех 10-20 овощных культур, которые являются основными источниками нитратов в рационе человека. При этом необходимо учитывать среднее содержание каждого продукта в рационе населения и степень накопления нитратов при оптимальной дозе азотных удобрений.

На основании этих методических подходов разработано и утверждено "Допустимое содержание нитратов в растительных пищевых продуктах и рекомендации по санитарно-гигиеническому контролю за их содержанием" (Главное санитарно-эпидемиологическое управление МЗ СССР, от 13.06.84 г. № 3078-84). Согласно этому документу, в растительных продуктах с открытого грунта допускается следующее максимальное содержание нитрат-иона (в мг/кг): в картофеле — 80, в капусте белокачанной — 300, в моркови — 300, в помидорах — 60, в огурцах — 150, в свекле столовой — 1400, в луке репчатом — 60, луке (перо) — 400, в дыне — 45, в арбузах — 45.

Для расчета суммарной суточной нагрузки нитратами и нитритами, поступающими в организм людей с пищей и водой, предложена следующая формула, учитывающая ранее названные коэффициенты биологической активности:

$$Q = K_1 \sum_{j=1}^m N_j C_{1,j} + K_2 \sum_{j=1}^m N_j C_{2,j} + K_B L (K_1 C_{1,в} + K_2 C_{2,в}),$$

где Q — суммарная суточная нагрузка нитратами и нитритами, выраженная в нитратах (в миллиграммах в сутки), она не должна превышать 300 мг/сут; j — индекс суммирования; m — число пищевых продуктов в рационе; $C_{1,j}$ — концентрация нитратов в j -м пищевом продукте, мг/кг или в питьевой воде, мг/л ($C_{1,в}$); если пищевой продукт применяется в вареном виде, то содержание нитратов умножают на 0,8; $C_{2,j}$ — количество нитритов в пищевом продукте, мг/кг или в питьевой воде, мг/л ($C_{2,в}$); нитриты в основном могут содержаться в колбасных изделиях. K_1 — КБА нитратов пищевых продуктов принимается за 1; K_2 — КБА нитритов пищевых продуктов или воды равен 40; K_B — КБА нитратов, содержащихся в воде, по сравнению с пищевыми нитратами, составляющий 1,25; N_j — количество j -го пищевого продукта в рационе, кг; Σ — суммарное содержание нитратов (нитритов) во всех продуктах, входящих в состав суточного рациона, мг; L — среднее количество питьевой воды, потребляемое в течение суток, л; если L не измерялось, то считают его равным 2 л для III климатогеографической зоны, для IV — 3 л.

Поскольку определять концентрацию нитратов (нитритов) во всех пищевых продуктах трудоемко, можно ограничиться анализом лишь тех из них, которые богаты этими веществами и входят в состав рациона в значительном количестве. К ним относятся картофель, капуста, столовая свекла, морковь и другие овощи, корнеплоды, зелень, бахчевые в том случае, если они систематически входят в суточный рацион. Содержание нитратов в остальных продуктах определяют по опубликованным в литературе данным. Например, содержание нитратов в хлебопродуктах можно принять равным 30 мг/кг, в крупах — 10 мг/кг, во фруктах — 15 мг/кг, мясе и рыбе — 10 мг/кг.

Для определения нитратов и нитритов в сельскохозяйственных культурах и других пищевых продуктах СЭС используют "Методику определения нитритов и нитратов в пищевых продуктах методом сухого восстановления" (№ 2629-82 от 22.11.82 г.). Определение нитратов в воде проводят по методу, изложенному в книге "Унифицированные методы анализа вод" под редакцией Ю. Ю. Лурье (1971 г.). Агрохимическая служба для контроля в полевых условиях разработала экспресс-метод определения ориентировочного содержания нитратов в культурах с помощью индикаторных бумажек.

5. КАНЦЕРОГЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ. ИХ ТОКСИКОЛОГИЯ

Одна из острейших медицинских проблем, а также проблем экологических — это содержание в пище канцерогенных химических веществ (КХВ). КХВ можно разделить на три группы. К первой группе относятся: мышьяк и его соединения, бензол, смола, сажа и т. д.; ко второй группе относятся полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), кадмий со своими соединениями, четыреххлористый углерод, хлороформ, ДДТ и другие; к третьей группе относятся вещества, канцерогенность которых под сомнением, например свинец.

Рассмотрим источники пищевых канцерогенов и пути их поступления в пищу. Канцерогены могут быть природного и антропогенного происхождения. КХВ природного происхождения мигрируют в почву, атмосфере, воде по пищевым цепям (рис. 4).

КХВ могут мигрировать в пищевые продукты из материала оборудования, тары и упаковок при их изготовлении, хранении и транспортировке.

В истории изучения химического канцерогеноза полициклическим ароматическим углеводородам (ПАУ) принадлежит особое место. Сейчас известно около 200 канцерогенных веществ ПАУ. В настоящее время имеется достаточно сведений для заключения о повсеместном распространении ПАУ в биосфере. Канцерогенные ПАУ могут образовываться за счет природных абиогенных и биогенных процессов. Это геохимические, вулканические и пирогенные процессы. В атмосфере наряду с загрязнением ПАУ протекают процессы самоочищения от них. Очищая атмосферу, эти процессы загрязняют воду, почву и растения. Проблема транслокации ПАУ из почвы в растения крайне сложна. Заверша-



Рис. 4. Источники загрязнения пищевых продуктов канцерогенными веществами

ющий этап исследования ПАУ — определение дозы, воздействующей на человека. Необходимо принимать эффективнейшее средство уменьшения нагрузки ПАУ. Это отказ от вредных производств, создание новых безопасных технологий, очистка агропользований и т. д.

6. **НОВАЯ ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ** (утилизаторы отходов, искусственная пища)

Не только химия "работает" на благо сельского хозяйства, но и сельское хозяйство помогает химии, т. к. в биомассе — возобновляемом на земле сырье — заключено огромное количество энергии. Общая энергия в биомассе, производимой на земле за год, составляет $1,75 \cdot 10^{21}$ Дж, что эквивалентно 40,6 млрд. тонн нефти. Во всей же биомассе на земле содержится $27,55 \cdot 10^{21}$ Дж энергии, что эквивалентно 640 млрд. тонн нефти.

Отходы сельскохозяйственной продукции уже успешно используются для получения топлива. В 1981 г. в Бразилии по программе "Проалкоголь" было получено 4,2 млн л этилового спирта ферментацией отходов сахарного тростника. Этот спирт уже около 10 лет успешно служит в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания. В США этанол получают из отходов кукурузы и в количестве 10% добавляют в бензин. В ФРГ и Швеции в бензин часто добавляют 4-15% метилового спирта, который можно получить из древесных отходов.

Большое внимание технологии получения топлива из биомассы уделяется в Японии. Здесь налаживается производство из сельскохозяйственных отходов рисовых полей (соломы, корней) этанола и метана (биогаза). Это связано с общей программой экономии нефти в стране. Наряду с этанолом в качестве топлива стали использовать и растительное масло. В Бразилии успешно завершились испытания турбореактивных самолетов, работающих на растительном масле. Новое топливо для двигателей составлено из хлопкового, подсолнечного, кокосового, соевого и других видов растительного масла. В Малайзии испытано дизельное горючее, полученное из пальмового масла. Однако особенно перспективен в ряде стран метод получения биогаза из отходов сельскохозяйственной продукции. Из этанола, получаемого из отходов, можно получить этилен, а следовательно, и полимеры, включая каучуки. Сейчас у химиков есть лозунг: "Этанол — в химические продукты!". Метан, получаемый из отходов, с помощью ряда каталитических систем можно превратить в синтез-газ ($\text{CO} + \text{H}_2$), который затем можно превратить в углеводороды и метанол, формальдегид.

В последние годы в публикациях, посвященных перспективам химической технологии, получил распространение термин "Искусственная пицца". Речь здесь идет о том, чтобы придать одним пищевым продуктам вкус и вид других (привычными продуктами имитировать деликатесы, менее дорогими продуктами — более дорогие).

Современная наука и технология пищевой промышленности позволяют выделять белки соевых бобов, из волокон которых получают ткани, схожие по структуре с мясом. После добавления жиров и компонентов, придающих вкус мяса, эти продукты могут стать аналогами или заменителями мяса животных в рационе человека. Такое искусственное мясо может быть получено путем экструзии концентрата соевых белков в результате их

продавливания вместе с соответствующими жирами и вкусовыми добавками через маленькие отверстия при высоких температурах и давлениях.

Другой способ производства аналогов мясных продуктов заключается в следующем: некоторые виды съедобных плесеней выращивают на дешевом углеводном сырье в больших ферментационных реакторах, имеющих сложную конструкцию. Затем плесень отделяют фильтрованием, а образовавшийся волокнистый мицелий после добавки жиров и веществ, придающих вкус мяса, может быть использован в качестве аналога мяса. Этот способ является примером современной эффективной технологии пищевой промышленности, использующей микробиологию.

Одним из выдающихся научных достижений нашего столетия является производство микробиологического (одноклеточного) белка путем непрерывного выращивания определенных съедобных нетоксичных микроорганизмов на соответствующих субстратах в огромных ферментационных реакторах, управляемых ЭВМ. В качестве исходного субстрата может быть использована нефть. Белки будут концентрировать, выделять и получать волокна для изготовления аналогов мяса так же, как из соевого белка.

Фантастически огромны запасы криля в мировом океане, переработка которого позволила бы увеличить нетрадиционные продукты. Высушенный криль более чем наполовину состоит из белка и богат витаминами, в особенности витамином А.

Понятие "Отходы растительного и животного происхождения" изменяется в различных странах и климатических зонах. Сегодня существуют две возможности превращения отходов в продукты питания: использование отходов в качестве кормов для животных или переработка промышленными методами этих отходов.

Основные трудности при утилизации отходов, образующихся на пищевых предприятиях, связаны с их быстрой порчей и высокой стоимостью транспортировки больших объемов.

Большим потенциальным ресурсом для получения продуктов питания являются рисовые отруби. Их переработка может дать ежегодно около 4000 т съедобного масла. Особенно перспективна переработка отходов с помощью биологических методов.

Огромны ресурсы пока небольшой, и в то же время малоутилизируемой группы сырьевых материалов, которая состоит из отходов, содержащих целлюлозу. Наиболее распространенный способ переработки — это превращение целлюлозы в глюкозу, которая затем сбраживается в спирт.

Из 100 кг отходов хвойных деревьев можно получить 22,1% спирта и 4-5 кг сухих дрожжей, содержащих около 50% белка.

Для получения пищевых продуктов "искусственной пищи" можно использовать генетически измененные микроорганизмы или ферменты.

Возможно в ближайшем будущем будут получены новые виды модифицированных бактерий, способных производить высококачественные белки в больших количествах. Аминокислоты этих белков будут полностью соответствовать аминокислотам, содержащимся в мясе, рыбе и других продуктах. Можно будет получить продукт, не отличающийся от мяса не только по составу, но и с тем же вкусом, запахом и питательными свойствами. Для этих целей можно использовать модифицированные соответствующим образом грибки и дрожжи. Грибки, образующие нитевые структуры, — грибки. Их можно ткать, "вязать" подобно органическим полимерам в искусственных волокнах, получая в итоге субстанции, имитирующие мясо.

Синтез с участием ферментов предполагает преобразование натурального сырья в пищу, производя химическим путем метаболические процессы в организме животных. Например, молоко и мед вырабатываются коровами и пчелами соответственно в результате последовательных ферментационных реакций. Можно представить себе высокую колонну, в которой ферменты расположены на последовательных уровнях. Для получения молока в такой установке измельченная полужидкая травяная масса должна подаваться наверх и затем проходить ту же цепочку ферментационных реакций, которую она претерпевает в организме коровы. В результате на выходе образуется молоко. Эксперты считают, что в будущем столетии будут решены основные проблемы переработки отходов в продукты питания и производство искусственной пищи.

7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Очень важно знать, не только есть ли в пищевом сырье и продуктах питания токсические вещества, но нужно уметь быстро оценивать состав продуктов. Такие главные компоненты, как белки, жиры, крахмал и воду можно анализировать по спектрам диффузного отражения в ближней инфракрасной области. Часть методов основана на анализе с помощью ЭВМ спектров пропускания или спектров отражения соответствующих соединений.

Диффузная отражательная спектрофотометрия в области 1000-1600 нм широко используется для определения концентрации основных компонентов продуктов питания, таких как белки, жиры и углеводы.

Каждый из компонентов обладает характерными адсорбционными свойствами, а величина поглощения определяется по диффузионному отражению.

Таким образом, уже разработаны методы, позволяющие проводить быстрое определение содержания компонентов в продуктах питания.

К этим компонентам относятся крахмал, белок, масло, сахар, влага, хлорофилл и каротиноиды. Имеются уже соответствующие приборы. Созданные приборы выдают информацию о содержании шести основных компонентов в измельченном продукте менее, чем за 30 с. В применяемых приборах широко используется ЭВМ для анализа спектров. Пища, служащая для удовлетворения потребностей человека, нуждается в контроле за чистотой, подлинностью и качеством, как никакой другой продукт. Поэтому не является неожиданным, что законы, регулирующие производство и продажу пищевых продуктов, были разработаны еще в древние времена. Известно, что более 3600 лет назад вавилонский царь в своем законодательстве предусмотрел наказывать за подделку пива и незаконную наживу на пищевых продуктах низкого качества. В Древнем Риме, да и в Древней Греции существовали специальные учреждения для контроля за продуктами питания.

В связи с широким применением агрохимикатов люди сейчас обеспокоены возможной угрозой для здоровья, связанной с присутствием в пищевых продуктах различных загрязнений и токсических веществ. В подавляющем большинстве стран мира разработано соответствующее законодательство, ограничивающее допустимые количества таких соединений в продуктах питания.

При реализации этих требований важное значение приобретают данные химического анализа, но многие химические операции, будучи надежными и достоверными, в то же время отличаются большой продолжительностью и высокой стоимостью. Во многих случаях, например при хранении скоропортящихся продуктов, или в ситуациях, когда продукты питания уже привели к заболеванию, результаты анализа должны быть получены как можно быстрее. В этих случаях экспресс-методы имеют определенное значение при разработке программ контроля за качеством пищевых продуктов.

Основными требованиями, предъявляемыми к экспресс-методам, являются широта применения, простота, высокая скорость и достаточно высокая чувствительность. Недопустимо необнаружение присутствующих компонентов, которые могут оказаться вредными для человека. Одни методы анализа позволяют только обнаружить присутствие какого-либо вещества и в лучшем случае провести его полуколичественную оценку, в то время как другие могут служить для получения точных количественных данных.

К самым простым и дешевым, по-видимому, следует отнести методы, основанные на использовании колоночной и тонкослойной хроматографии. Они находят широкое применение для определения как пестицидов, так и микротоксинов. Методом тонкослойной хроматографии выявляются соединения, ингибирующие действие ферментов, например фосфорорганические соединения. В таких образцах, как картофель, морковь и кукуруза с минимальной степенью очистки, пределы обнаружения пестицидов имеют порядок десяти миллионных долей.

К дорогостоящим методам анализа относятся такие операции, выполнение которых требует сложного современного оборудования, например наиболее совершенных масс-спектрометров. Новейшим достижением в этой области стало применение масс-спектрометрических каскадов для определения концентрации следовых количеств веществ. Такие системы представляют особый интерес при анализе микропримесей в пищевых продуктах.

Итак, для анализа агрохимикатов применяются весьма разнообразные методы: от простых, таких как тонкослойная хроматография, до сложных, например масс-спектрометрических систем. Все эти методы могут служить для контроля воздействия окружающей среды на качество пищевых продуктов.

Исследование концентрации ртути в пищевых продуктах сложно. Наиболее чувствительными и специфичными методами определения ртути являются методы нейтронно-активационный (чувствительность — 0,01 мг/кг — 0,0001 мг/кг) и атомно-адсорбционной спектроскопии (0,001 мг/кг), а также газожидкостной хроматографии (0,005 мг/кг), позволяющие идентифицировать алкилртутные соединения.

Основные причины порчи продуктов питания — окисление и разложение их составных компонентов, прежде всего жиров. Именно поэтому ученые многих стран уделяют большое внимание предотвращению окислительной порчи жиров. Другой причиной

пищевых отравлений могут быть колонии грибов и бактерий, приводящие к прогорканию и прокисанию продуктов питания.

Проблема торможения процессов окислительной деструкции продуктов, особенно жиров, стала одной из главных в пищевой промышленности. Окисление жиров и других органических соединений — это медленно развивающийся цепной разветвленный процесс. Теория таких процессов была создана трудами Н. Н. Семенова, С. Хиншельвуда (Великобритания), Н. М. Эмануэля, К. Ингольда (Канада) и другими.

Стабилизаторы (ингибиторы), применяемые для этой цели в пищевой промышленности, должны быть эффективными и нетоксичными.

Для хранения овощей и фруктов являются перспективными озон, азот и диоксид углерода. Озон хорошо зарекомендовал себя как агент по очистке воды и отходов (сточных вод и дымов). Именно эти свойства озона натолкнули ученых разных стран на мысль использовать его как средство борьбы с микроорганизмами в сельском хозяйстве. Озон, по образному выражению Дж. Бейли (США), — это "волк в химии": когда его мало, он санитар, но когда его много, он опасен для здоровья человека и для сельскохозяйственных продуктов.

В атмосфере азота и углекислого газа также прекращаются все окислительные процессы, не растут грибки и многие гнилостные бактерии. Такое сохранение овощей и фруктов используется в ряде стран (наряду с охлаждением хранящейся продукции), хотя применение холодильников требует затраты энергии, но в некоторых случаях с этим приходится мириться.

Консервирование как метод хранения применяется давно, но традиционно используемый для многих упаковок материал — белая жесть — дорогостоящ и это сдерживает объем выпускаемой продукции.

В заключение следует сказать, что с точки зрения рационального использования пищевых ресурсов и их сохранения в будущем несомненны достоинства химических источников пищи. Состояние дел в этой области позволяет сделать предположение, что на основе таких химических веществ, как диоксид углерода, азот, водород и вода, можно производить пищевые продукты.

Получение белка и химических веществ — не единственный процесс биосинтеза пищи. Микроорганизмы обладают способностью производить пищевые вещества — белки, жиры, углеводы, витамины и другие — с высокой производительностью.

Кроме белка можно получать такие продукты, как необходимые человеку аминокислоты, которые могут служить дополнением к белковым продуктам, повышая их питательную ценность.

По-прежнему важной остается задача использования таких природных ресурсов, как уголь и горючие сланцы, целлюлоза — в качестве исходных продуктов для биосинтеза пищи. Микроорганизмы в процессе биосинтеза перерабатывают это сырье как миниатюрные фабрики. Будущее перспективы обеспечения пищевыми продуктами зависит от успехов науки и техники и их промышленного воплощения.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Эйслер В. Яды в нашей пище: взрывная волна токсиантов окружающей среды в пищевых цепях: избирательные аспекты, факты и аргументы/ Пер. с нем. М.: Мир, 1985. 212 с.

Антонович Е. А., Седокур Я. К. Качество продуктов питания в условиях химизации сельского хозяйства: Справочник. Киев: Урожай, 1990. 238 с.

Метод анализа пищевых сельскохозяйственных продуктов и медицинских препаратов/ Пер. с англ./ Под ред. *А. Ф. Наместникова*. М.: Пищевая промышленность, 1974. 743 с.

Росвал Л., Энгст Р., Соколай А. Посторонние вещества и пищевые добавки в продуктах/ Пер. с нем. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 264 с.

Зайков Г. Е. Роль химии в производстве продуктов питания. М.: Знание, 1986. 48 с.

Толстогузов В. Б. Роль химии в разработке перспективных методов получения пищевых продуктов. М.: Знание, 1985. 48 с.

Химия окружающей среды/ Под ред. *Дж. Бокриса*. М.: Химия, 1982. 671 с.

Коростылева Е. А., Мельниченко О. А., Туманов А. В. Иммунохимические методы определения пестицидов при экологическом контроле (обзор) // Журнал аналитической химии, Т. 46. Вып. 12, 1991, с. 2314-2324.

Китайгородская В. Я., Азиев М. К., Выттих Г. В. Аккумуляция тяжелых металлов овощными культурами в зоне технологического загрязнения // Современные проблемы оценки движущихся факторов здоровья населения. 1991, с. 109-111.

Липатов Н. Н. Экология пищевых продуктов // Вестник сельскохозяйственной науки. № 6, 1991, с. 22-29.

Нурмагамбетов Т. Ж. Химическая безопасность продуктов // Пищевая промышленность, № 12, 1991, с. 57-58.

Радиоактивность и пища человека/ Под ред. *Р. Рассела*. М.: Атомиздат, 1971. 375 с.

Аналитический контроль сельскохозяйственной продукции: Сборник науч. трудов ВАСХНИЛ. Сибир. отд-ие. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1990. 185 с.

Методы анализа пищевых сельскохозяйственных продуктов и медицинских препаратов/ Под ред. *А. Ф. Наместникова*. М.: Пищевая промышленность, 1974. 743 с.

Антонович Е. А., Седокур Л. К. Качество продуктов питания в условиях химизации сельского хозяйства: Справочник. Киев: Урожай, 1990. 238 с.

Мельников Н. Н., Кожеевникова Г. М. Человек, растения, животные, пищевые продукты и пестициды // *Агрохимия*, № 2, 1991, с. 136-148.

Красников В. В., Тимашкин Е. И., Титкова А. В. Спектральный люминесцентный анализ пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1987. 287 с.

Куприянов Н. А., Устюгов Г. П., Куприянова Н. И. Состояние и перспективы контроля содержания тяжелых металлов в питьевой воде, сырье, пищевых продуктах и атмосферном воздухе // *Обзор информации. Сер.14 (ВНИИ информации и технико-экономические исследования агропромышленного комплекса)* № 2, 1991, с. 1-33.

Толстогузов В. Б. Роль химии в разработке перспективных методов получения пищевых продуктов. М.: Знание, 1985. 48 с. (Сер. "Химия". № 8).

Леонидов А. Время тяжелых металлов // *Химия и жизнь*, № 3, 1991. 52 с.

Ескаиров М. Е. Ресурсы продуктов питания. Алма-Ата, 1985. 159 с.

Несмеянов Н. Н., Великов В. М. Проблемы синтеза пищи. М.: Наука, 1965. 24 с.

Толстогузов В. Б. Химия и искусственные продукты питания. М.: Знание. 1981. 40 с.

Толстогузов В. Б. Искусственные продукты питания: новый путь получения пищи и его перспективы. Научные основы производства. М.: Наука, 1978. 231 с.

Липатов Н. Н. Экология продуктов питания и новые кадры // *Вызов времени. проблемы экологии и образования*. М.: 1990, с. 49-58.

Афанасьев В. А., Заиков Г. Е. Углеводы — сырье, энергия, пища, жизнь. М.: Знание. 1981. 64 с.

Химия и обеспечение человечества пищей. (Доклады конференций)/ Пер. с англ./ Под ред. *И. Шиммет*. М.: Мир, 1986. 616 с.

Габович Р. Д., Селюченко А. И. Мониторинг тяжелых металлов и других химических веществ в пищевых продуктах и рационах // *Рациональное питание*. Вып. 25, 1990, с. 20-26.

Жукова Г. Ф. Методы определения нитратов и нитритов в пищевых продуктах // *Вопросы питания*. № 6, 1991, с. 55-60.

Жуусова К. Х., Фурсов В. И., Кондибиева П. Б. Содержание свинца и кадмия в продуктах питания // *Актуальные проблемы современной биологии*. 1990, с. 130-137.

Липатов Н. Н. Экология продуктов питания // *Известия вузов. Пищевая технология*, № 6. 1989, с. 4-6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пищевые ресурсы планеты. прогнозы, народонаселение. Рациональное питание	3
2. Загрязнение продуктов питания тяжелыми металлами и химизм их влияния на организм человека	7
3. Пестициды как химические загрязнители пищевых продук- тов. Пути и источники поступления пестицидов в продукты питания. Химизм их действия на организм человека	17
4. Нитраты и нитриты. Нитраты в пищевых продуктах. Токси- кология нитратов и нитритов	20
5. Канцерогенные вещества в пищевых продуктах. Их токсикология	26
6. Новая пищевая технология (утилизаторы отходов, искус- ственная пицца)	27
7. Контроль качества продуктов питания	30
Рекомендуемый библиографический список	34

Учебное издание

Мальчиков Геннадий Данилович,
Векслина Валентина Алексеевна

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

Учебное пособие

Редактор Т. И. Кузнецова
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Т. И. Щелочкова

Лицензия ЛР № 020301 от 30. 12. 96.

Подписано в печать 29.12.97. Формат 60x84 1/16. Бумага газетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,1. Усл. кр.-отт. 2,22. Уч.-изд. л. 2,25.
Тираж 100 экз. Заказ **20**. Арт. С-19/98.

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С. П. Королёва.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО СГАУ, 443001, ул. Молодогвардейская, 151.