

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В.А.Медведский

Т.В.Медведская

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Утверждено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве
учебника для студентов сельскохозяйственных
высших учебных заведений
по специальности «Зоотехния»

Витебск, 2020

УДК 574 (075)

ББК 48

М 42

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор УО БГСХА Садов Н.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент УО ГГАУ Бородин П.В.

**М 42 В.А.Медведский,
Т.В.Медведская**

Сельскохозяйственная экология: Учебник /В.А.Медведский, Т.В.Медведская.- Витебск, ВГАВМ, 2020.- 310 с. (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений).

ISBN 5-238-00195-9

УДК 574 (075)

ББК 48

© Медведский В.А. Медведская Т.В., 2020

ISBN 5-238-00195-9

ВВЕДЕНИЕ

Проблема качества и экологической безопасности продовольственного сырья и продуктов питания с каждым годом приобретает все большую актуальность. Экологически чистыми считаются пищевые продукты, выработанные из растительного и животного сырья, произведенного в условиях, при которых на всех этапах получения, хранения и транспортирования в них не попадают вредные и нежелательные компоненты из окружающей среды. Эти продукты должны быть произведены по технологиям, исключающим их загрязнение, и реализованы без промежуточного негативного воздействия отрицательных экологических факторов.

Положение дел с качеством и безопасностью продовольствия значительно обострилось в связи с резко возросшим потоком импортной продукции, которая не обеспечена сегодня действенной системой контроля, а также системой поставок продукции. Зарегистрированы десятки случаев ввоза продовольствия не только опасного по своим качественным характеристикам, но и ставшего причиной тяжелых интоксикаций и заболеваний людей.

Не являются исключением и продукты животноводства. Совершенно справедливо отмечается, что нет других пищевых продуктов, проблемы качества которых стояли бы так остро и были так важны, как качество молока и мясных продуктов, поскольку, во-первых, они являются продуктами, входящими в обязательный рацион питания здоровых и больных людей всех возрастов (молоко является главной составляющей продуктов питания детей с рождения). Во-вторых, мясо и молоко могут быть переносчиком опасных заразных заболеваний, передаваемых от животного к человеку, а также от человека к человеку. В третьих, молоко – такой продукт внутренней секреции животного, который выводит из его организма (в чистом или модифицированном виде) почти все вещества, попадающие в него.

В последние годы в силу ряда причин, связанных с загрязнением окружающей среды, снижением санитарных требований, предъявляемых к производству продуктов животноводства (качество кормов, состояние скота, ферм и т.д.), в них появляются такие крайне нежелательные элементы (пестициды), соли тяжелых металлов, афлатоксины, антибиотики, соматические клетки, опасные формы микроорганизмов, нитраты, а в некоторых случаях – радиоактивные изотопы. Значительная часть этих нежелательных компонентов переходит в продукты.

В настоящее время важными экологическими проблемами являются: негативное влияние на природную среду хозяйственной деятельности человека: а) промышленные выбросы, загрязняющие воздух и водную среду; б) вырубка лесов, ведущая к понижению уровня грунтовых вод, разрушению природных ландшафтов; в) мелиорация, провоцирующая эрозию почв; г) чрезмерное ис-

пользование органических и минеральных удобрений в сельском хозяйстве и как следствие – загрязнение почв и воды, ограниченность и истощаемость природных ресурсов, отсутствие средств для финансирования природоохранных мероприятий, отсутствие утилизации бытового мусора.

Огромный ущерб несет растительному и животному миру загрязнение природных вод, в том числе источников питьевого водоснабжения, из-за неразумного использования химических удобрений и ядохимикатов. Потребление продуктов и воды с повышенными концентрациями нитратов (предельно допустимые концентрации не превышают 45 мг/л) разрушающе действует на сердечно-сосудистую и иммунную системы животных и человека, вызывает тяжелую болезнь крови – гемоглобинемию. В районах интенсивного применения ядохимикатов высока детская смертность, отмечаются грубые изменения генетического аппарата, что ведет к появлению вредных мутаций и уродств.

Загрязнение почв, воздуха и природных вод в наше время приобрело широкие масштабы, что стало реальной угрозой всему живому. Низшие растительные и животные организмы составляют начальные звенья биологических цепей и цепей питания. Они отличаются чрезвычайно высокими уровнями накопления тяжелых металлов, ядохимикатов, разнообразных токсических веществ. У высокоорганизованных животных и у человека эти токсиканты оказывают жестокое кумулятивное воздействие на генетический аппарат и нервную систему.

От экологической грамотности специалистов сельского хозяйства зависят защита окружающей среды от прямого загрязнения и разрушения, снижение ресурсо-, материало- и энергоемкости сельскохозяйственного производства, внедрение малоотходных технологических систем и процессов, минимизация потерь сельскохозяйственной продукции, внедрение природосообразных систем ведения земледелия, животноводства, оптимизация ландшафта сельскохозяйственных районов, производство экологически чистой продукции и т. д. Принципиально важно придать экологическую направленность сельскохозяйственным технологиям с учетом дальнейших путей развития научно-технического прогресса, особенностей специализации и концентрации животноводства по природно-хозяйственным зонам.

В решении экологических проблем велика роль специалистов сельского хозяйства и поэтому издание учебника по сельскохозяйственной экологии просто необходимо для их подготовки.

Вышедшие в последние годы учебники и учебные пособия отечественных и зарубежных авторов в большинстве своем посвящены частным вопросам общей экологии, не отражают проблем сельскохозяйственной экологии, путей решения этих проблем.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ

В наше время слово «экология» стало очень популярным. Наиболее часто его применяют, указывая на неблагоприятное состояние окружающей нас природы.

Термин «экология» впервые использовал немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году. В своей книге «Всеобщая морфология организмов» он дал свое определение экологии, как науке: «Это познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая непременно неантоганистические и антоганистические взаимоотношения растений и животных, контактирующих друг с другом». Э.Геккель относил экологию к биологическим наукам и наукам о природе, интересующимся всеми сторонами жизни биологических организмов. Основное направление, сформулированное Э.Геккелем, соответствует современному пониманию аутоэкологии – экологии отдельных видов.

В России это направление в основном сформировалось в 30-е годы трудами Н.И. Калабухова и А.Д.Слонима. Одновременно с этим в первой половине XX века начались широкие работы по изучению надорганизменных биологических систем. Концепция биоценозов, как многовидовых сообществ живых организмов, функционально связанных друг с другом, создана в основном трудами К.Мебиуса (1877), С. Форбса (1887) и др. К.Мебиус одним из первых применил к исследованию объектов живой природы особый подход, который получил в наши дни название системного подхода. Этот подход ориентирует исследователя на раскрытие целостных свойств объектов и обеспечивающих их механизмов, на выявление многообразных связей в биологической системе и разработку эффективных методов ее изучения. В 1927 году Ч. Элтон опубликовал первый учебник-монографию по экологии, в котором выделил своеобразие биоценологических процессов, определил понятие трофической ниши и сформулировал правило экологических пирамид. В своей монографии он впервые отчетливо выделил направление популяционной экологии. Практически все исследования экосистемного уровня строились на том, что межвидовые взаимоотношения в биоценозах осуществляются между популяциями конкретных видов.

К этому же периоду относится деятельность знаменитого русского ученого В.В. Докучаева. Его учение о природных зонах имело исключительное значение для развития экологии. В целом его работы легли в основу геоботанических исследований, положили начало учению о ландшафтах.

Огромное влияние на развитие экологии оказали работы выдающегося русского геохимика В.И.Вернадского. Он посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере и разработал теорию, которая легла в основу совре-

менного учения о биосфере. В 1926 году В.И.Вернадский опубликовал книгу под названием «Биосфера», в которой впервые была показана планетарная роль совокупности всех видов живых организмов – «живого вещества». Впервые вся живая оболочка планеты предстала как единое целое.

В современных условиях одним из наиболее значимых факторов, определяющих состояние биосферы, стала деятельность человека и ученые-экологи вновь обратились к научному исследованию В. И. Вернадского. Ведь именно он говорил еще в далекие 20-е годы о мощном воздействии человека на окружающую среду и о преобразовании современной биосферы. Для измененной биосферы, находящейся под контролем разума человека он предложил термин «ноосфера» – сфера разума.

В развитие общей экологии большой вклад внес Д.Н. Кашкаров, Г. Гаузе провозгласил свой знаменитый принцип конкурентного исключения, В.Н.Сукачев обосновал представление о биогеоценозе.

В 50-90 гг. 20-го столетия вопросам экологии посвящены работы отечественных и зарубежных исследователей, ученых, таких, как Ю. Одум, М.И. Будыко, В. Тишлер, В.А. Радкевич, Н.Ф. Реймерс, А.Г. Банников, А.С. Степановских и другие.

Предмет экологии.

Термин «экология» образован от двух греческих слов: oikos – дом, жилище и logos - наука, знание, то есть в буквальном смысле означает «наука о местообитании». Из всего многообразия существующих сегодня определений экологии можно сделать вывод, что экология включает в себя все три уровня организации биологических систем: организменный, популяционный и экосистемный. Исходя из этого можно сформулировать следующее определение:

Экология – комплексная наука, изучающая взаимоотношения организмов и образуемых ими сообществ между собой и со средой их обитания.

Она изучает влияние факторов среды на растительные и животные организмы, реакции отдельных особей, популяций и сообществ на эти факторы, а также механизмы, которые влияют на численность популяций, их структуру, исследует биологическую продуктивность природных сообществ, закономерности функционирования экологических систем.

Как учебный предмет экология делится на четыре основных раздела: аутэкология, или факториальная экология (учение об экологических факторах); экология популяций, или демэкология; экология сообществ и экосистем, или биогеоценология; основы учения о биосфере, или экология биосферы

Современная экология – это комплексная дисциплина, далеко выходящая за рамки биологической науки. Она включает в себя следующие направления:

- общая экология

- геоэкология;
- глобальная экология;
- экология человека;
- социальная экология;
- прикладная экология:
- ветеринарная экология;
- сельскохозяйственная экология.

Логика развития экологии как науки, а также потребность практической охраны объектов природы обусловили создание так называемого экологического варианта системного познания или экологического подхода. Основой его является то, что в представление об экологической системе входят две крупных единицы. Одна из них условно помещается в центр и рассматривается как главный объект, а другая – как окружающая среда. Эти единицы непрерывно обмениваются веществом, энергией и информацией. Все связи оцениваются по их воздействию на центральный объект.

Следуя этому подходу, можно условно вычленивать из всего многообразия живых организмов только одну особь. Эта условно изолированная особь будет находиться под воздействием только факторов окружающей среды, среди которых основные – климатические. Именно они имеют определяющее значение в распространении видов на Земле.

Изучение действия различных природных факторов на отдельные (искусственно изолированные) организмы и есть наиболее простое подразделение экологии – аутэкология.

Более высокий уровень организации живой материи, когда особь находится в окружении таких же особей, которые вместе занимают определенную территорию и относятся к одному виду, называют популяциями. В популяциях особь испытывает влияние соседей. У популяции в результате сложного взаимодействия входящих в нее организмов появляются только ей присущие свойства, которые не присущи отдельно взятой особи (например способность к размножению). Исследование жизнедеятельности отдельных популяций, определение характера и причин их изменений, происходящих в результате внешних и внутренних воздействий, составляет предмет популяционной экологии или демэкологии.

Очевидно, что и сама популяция не может жить изолированно – она нуждается в веществе, энергии, пространстве и других ресурсах, без которых нет жизни. Поэтому одна популяция вступает в разнообразные взаимоотношения с другими популяциями которые не могут существовать друг без друга. Следовательно, совместно обитающие популяции различных организмов всегда образуют единство, которое называют сообществом или биоценозом. Важнейшим свойством сообщества является устойчивость, то есть способность к самопод-

держанию своих природных свойств и видового состава при внешних воздействиях. Изучение сообществ, их взаимоотношения с окружающей средой составляют предмет экологии сообществ или синэкологии.

Однако сообщество также не способно существовать изолированно от окружающей среды. Любое сообщество живых организмов занимает определенное жизненное пространство, которое называется биотопом. Биотоп вместе с биоценозом образуют экологическую систему. Ее особенность состоит в том, что в ней длительное время поддерживаются устойчивые взаимодействия между элементами живой и неживой природы. Экосистему можно считать самостоятельным объектом, так как в ней имеются все компоненты, необходимые для ее длительного существования.

Совокупность всех экосистем планеты образует самую крупную экосистему Земли – биосферу. Изучение биосферы – задача сложнейшего раздела экологии – глобальной экологии.

Задачи и проблемы экологии.

Наиболее важной и актуальной проблемой современной экологии необходимо признать определение роли и места человека в глобальных биосферных процессах. Перед человечеством на сегодняшний день стоит одна главная задача – предотвращение экологической катастрофы.

Что касается задач современной экологии, то и здесь нет единообразного подхода. Общеэкологические задачи должны осуществляться на конкретно-научном уровне. Изучая взаимосвязи животного с окружающей абиотической средой, экология решает разные задачи на каждом системном уровне организации жизни. На организменном уровне рассматриваются проблемы адаптации организмов, механизмы, обеспечивающие устойчивость их функционирования.

На популяционном уровне – это исследования форм взаимоотношений между организмами, обеспечивающих существование популяции как целостной, саморегулирующейся системы. Основное здесь – определение тех свойств популяции, которые обеспечивают возможность ее неограниченно длительного существования в постоянно изменяющихся условиях среды. Главная цель – сбережение целостной ткани живого вещества. Не изучение взаимосвязи отдельного организма со средой, а изучение взаимосвязей и приспособительных реакций популяции с условиями их существования должно стать основной задачей экологии.

Следует отметить, что популяционный уровень наиболее важен из-за возможности управления популяциями со стороны человека. Воздействие на отдельный организм никакого эффекта не дает, поскольку он смертен и его отдельно взятые индивидуальные свойства во взаимоотношениях между особями и средой в целом ничего не изменят. Но если воздействию подвергается вся по-

пуляция, то в случае ее гибели возможно ограничение (или уничтожение) какого-то природного ресурса, важного для человека.

На экосистемном уровне основной задачей является исследование закономерностей функционирования и продукционных процессов многовидовых биоценозов вместе с их неорганическим окружением.

На биосферном (глобальном) уровне выявляются причины и механизмы изменения элементов биосферы в результате воздействия человеческой деятельности. Двойное положение человека в биосфере (с одной стороны, это гетеротрофный живой организм, с другой – высокоразвитое живое существо, наделенное разумом и вооруженное достижениями научно-технического прогресса) диктует необходимость предельной осторожности и взвешенности решений при любой его попытке вмешательства в исторически сложившиеся взаимосвязи и процессы живой природы.

Проблемы и задачи частной экологии предполагают решение вопросов сохранения физико-химического баланса в биосфере. Осуществление этих задач возможно на нескольких уровнях: технологическом, экономическом, юридическом и др.

К основным проблемам следует отнести:

- изменения климата Земли, парниковый эффект (антропогенное потепление), разрушение озонового экрана;
- загрязнение атмосферы, кислотные осадки;
- демографический взрыв, относительное перенаселение Земли в некоторых регионах; чрезмерная урбанизация;
- загрязнение почв, уменьшение их площадей, опустынивание;
- загрязнение океана и поверхностных вод суши;
- радиоактивное загрязнение локальных участков;
- уменьшение площадей тропических и северных лесов;
- отсутствие утилизации промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов;
- ухудшение качества продуктов питания, в результате неправильного использования пестицидов, минеральных удобрений, кормовых добавок, ветеринарных препаратов и др.;
- отсутствие средств для финансирования природоохранных мероприятий.

В настоящее время большинство международных экологических конфликтов условно можно разделить на четыре категории: распределение водных ресурсов, загрязнение морей, чистота воздуха, чистота воды.

Современная экология является научной базой рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, охраны окружающей среды. Последовательное решение насущных экологических проблем должно привести к

снижению негативного воздействия общества на отдельные экосистемы и природе в целом, включая человека.

Методы экологических исследований.

При изучении многообразных процессов, которые происходят в живой природе, экология использует много методов, среди которых главными являются метод наблюдения, сравнительный метод, исторический метод, экспериментальный метод и моделирование.

Исторический метод изучает закономерности появления и развития организмов, становления их структуры. В лабораторных опытах исследуются влияния разных условий на организмы, устанавливается их реакция на определенные воздействия. Однако очевидно, что взаимосвязи живых организмов с окружающей их средой, которая характеризуется множеством элементов и явлений, могут быть изучены наиболее полно лишь в природных условиях. Поэтому первостепенное значение имеют полевые исследования, т.е. изучение популяций видов и их сообществ в естественной обстановке. Полевые методы позволяют установить результаты влияния на организм определенного комплекса факторов окружающей среды, выяснить общую картину развития вида в конкретных условиях.

Однако полевые методы не всегда дают точный ответ на поставленные вопросы. Поэтому применяют экспериментальные методы, которые позволяют вычленить и проанализировать роль отдельных факторов при постоянстве всех остальных в искусственно созданных и контролируемых условиях. В экологическом эксперименте трудно воспроизвести весь комплекс природных условий, но можно изучить влияние отдельных факторов на вид, популяцию или сообщество.

Модель – это абстрактное описание того или иного явления реального мира, позволяющее делать предсказания относительно этого явления. Модель должна быть статистической и строго математической для того, чтобы получить надежные прогнозы. Модель должна включать три основных компонента: анализируемое пространство (границы системы); подсистемы (компоненты), считающиеся важными для общего функционирования; рассматриваемый временной интервал.

В последнее время широкое распространение получило моделирование биологических явлений, т.е. воспроизводство в искусственных системах различных процессов, происходящих в живой природе. Примером биологических моделей может служить аппарат искусственного дыхания, кровообращения, искусственные почки, протезы.

При описании биологических явлений применяются методы математического моделирования. Они используются для экологического прогнозирования.

Составление экологического прогноза является сложной и ответственной задачей и невозможно без всестороннего математического анализа всех аспектов взаимоотношений живых организмов и многочисленных факторов внешней среды. В последнее время среди прогнозистов широко распространилось понятие «мониторинг», которое включает не только наблюдение за состоянием окружающей среды, но и контроль, и управление ее состоянием.

Экология – наука, использующая для своего развития данные самых разных дисциплин. Изучая самые высокие уровни интеграции живой материи и, в процессе познания, переходя от популяции какого-либо одного вида к сообществам и экосистемам, экология объединяет в научном поиске усилия специалистов и ученых многих направлений. Сегодня экология перестала быть чисто биологической наукой. В ее предмет вовлечены практически все стороны жизнедеятельности человека.

Признав важную роль экологии, отводя ей важное место в естествознании, следует научиться правильно пользоваться ее законами, понятиями, терминами. Неграмотное, часто варварское использование человеком природных богатств при незнании законов природы приводит к тяжелым последствиям. Свидетельства этому – гибель Аральского моря, угроза экологической катастрофы, нависшая над Байкалом, Ладогой, Волгой. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС тысячи квадратных километров территории стали опасны для людей и других организмов. В настоящее время ставится под вопрос возможность существования человеческой цивилизации вообще. Все это определяет стратегическую задачу экологии : на основе познания законов природы, используя все достижения научно-технического прогресса, создать научную базу для гармонизации взаимоотношений человеческого общества и природы и разработать практические рекомендации, направленные на оздоровление и поддержание надлежащего состояния природной среды, без чего невозможно нормальное существование живых организмов на нашей планете.

1. ОСНОВЫ АУТЭКОЛОГИИ

Организм и среда обитания

Аутэкология, изучающая взаимоотношения представителей различных видов с окружающей средой, в основном опирается на исследования процессов адаптации видов к окружающей среде. Аутэкологические исследования характерны как для биологической экологии, так и сельскохозяйственной экологии, где широко применяются физиолого-гигиеническое нормирование факторов среды и исследования ее экстремальных воздействий на организм.

Организм является начальной, основной единицей обмена веществ. С организма и начинается цепочка взаимоотношений живой материи, которую нельзя прервать ни на одном уровне. Жизнедеятельность любого организма обусловлена его взаимодействием с окружающей средой.

Среда – комплекс природных тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. В зависимости от степени конкретизации понятия, значение термина «среда» разнообразно: *внешняя среда* рассматривается как совокупность сил и явлений природы, ее вещество и пространство, любая деятельность организма, находящегося вне рассматриваемого объекта и необязательно контактирующая с ним; *окружающая среда* – то же, что и внешняя среда, но она находится в непосредственном контакте с объектом; *природная среда* – сочетание естественных и измененных деятельностью человека факторов живой и неживой природы, которые проявляют эффект воздействия на организм; *среда абиотическая* – все силы и явления природы, происхождение которых прямо не связано с жизнедеятельностью ныне живущих организмов; *среда биотическая* – силы и явления природы, которые обязаны своим происхождением жизнедеятельности ныне живущих организмов.

Пространственное понимание среды как непосредственного окружения организма называют *средой обитания*. Среда обитания складывается из множества элементов неорганической, органической природы и элементов, приносимых человеком и его деятельностью. Причем это те составные элементы среды, с которыми данный организм вступает в прямые или не прямые отношения. Они могут быть необходимы организму, могут быть безразличны или вредны для него.

Совокупность необходимых для организма элементов среды обитания, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может – это условия существования или условия жизни.

Влияние среды на организм. Первый экологический закон жизни, открытый российским ученым К.Ф. Рулье гласит: результаты развития (изменений) любого объекта (организма) определяются соотношением его внутренних осо-

бенностей и особенностей той среды, в которой он находится.

Эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей, носит название *адаптации*.

Способность к адаптации является одним из основных свойств жизни, так как обеспечивает саму возможность ее существования, дает возможность организмам выживать и размножаться. Каждый организм реагирует на окружающую среду в соответствии со своей генетической конституцией. Правило соответствия условий среды генетической предопределенности организма гласит: до тех пор, пока среда, окружающая определенный вид организмов, соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям, этот вид может существовать. Резкое и быстрое изменение условий среды обитания может привести к тому, что генетический аппарат вида не сможет приспособиться к новым условиям жизни.

Влияние живых организмов на среду. Любые организмы способны существенно воздействовать на среду. Например, их жизнедеятельность сильно влияет на газовый состав атмосферы – в результате фотосинтеза зеленых растений в атмосферу поступает кислород, а диоксид углерода извлекается из атмосферного воздуха растениями и вновь поступает туда в процессе разложения остатков погибших организмов. В процессе разложения тел погибших организмов бактерии, грибы и животные участвуют в образовании почвы. Именно жизнедеятельность организмов определяет содержание растворенных органических соединений и минеральных солей в природных водах. Организмы, меняя химический состав среды, воздействуют и на ее физические свойства.

Предел воздействия на среду обитания описан в другом экологическом законе жизни (Куражковский Ю.Н.): каждый вид организмов, потребляя из окружающей среды необходимые ему вещества и выделяя в нее продукты своей жизнедеятельности.

Экологические факторы среды и характер их действия

Экологический фактор – любой элемент и условие среды, оказывающие прямое или косвенное влияние на живой организм хотя бы на протяжении одной из фаз его индивидуального развития и на который организм реагирует приспособительными реакциями.

Многообразие экологических факторов делят на две большие группы: абиотические и биотические.

Абиотические факторы – это все свойства неживой природы, прямо или косвенно влияющие на живые организмы (свет, температура, влага, ветер, воздух, давление, течения, долгота дня; гранулометрический состав почвы, ее проницаемость, влагоемкость; содержание в почве или воде элементов питания,

соленость воды и т.д.).

Биотические факторы – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие. Под биотическими факторами понимают влияние растений на других членов биоценоза, влияние животных на других членов биоценоза. Антропогенные факторы – все формы деятельности человеческого общества.

Факторы всех групп играют значительную роль в существовании как отдельных организмов, так и их сообществ.

Экологические факторы воздействуют на живые организмы неравным образом, вызывая неравнозначные и различающиеся по ответу реакции. Влияние экологических факторов может устранять отдельные виды с той или иной территории; изменять плодовитость особей, сроки жизни и т.д., приводить к существенным популяционным перестройкам; изменять конкурентоспособность видов и приводить к перестройкам в сообществах разных типов; вызывать появление адаптивных изменений у видов; через воздействие на отдельные виды оказывать существенное влияние на биогеохимические циклы в биосфере.

Несмотря на большое разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на организм и в ответных реакциях живых существ есть ряд общих закономерностей. Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма, называется оптимумом, а дающая наихудший эффект, т.е. условия, при которых жизнедеятельность организма угнетается, но он еще может существовать – пессимумом. Диапазон зон оптимума и пессимума служит критерием выносливости, пластичности организма по отношению к данному экологическому фактору и называется экологической валентностью.

Экологическая валентность (пластичность) – свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды.

Виды, способные существовать лишь при небольших отклонениях от оптимальной величины фактора, называются стенобионтными, а выдерживающие значительные изменения фактора – эврибионтными.

Эврибионтность и стенобионтность характеризуют различные типы приспособленности организмов к выживанию. Эврибионтность, как правило, способствует широкому распространению видов. Стенобионтность обычно ограничивает ареалы.

Экологические факторы обычно действуют на организм не изолированно, а комплексно. Оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к тому или иному фактору могут заметно смещаться в зависимости от того, в каком сочетании и с какой силой проявляются одновременно другие факторы. Известно, что жару легче переносить в условиях сухого, а не влажного воздуха. Мороз более ощутим при сильном ветре.

Один фактор нельзя заменить другим полностью, однако при комплексном воздействии среды часто имеет место «эффект замещения», который проявляется в сходстве результатов воздействия разных факторов. Например, увядание растений приостанавливается как при увеличении воды в почве, так и при снижении температуры воздуха. В сельскохозяйственном производстве очень важно знать закономерности взаимодействия факторов, чтобы обеспечить оптимальные условия для культурных растений и домашних животных.

В комплексном действии среды факторы по своему воздействию неравноценны для организмов. Их можно разделить на ведущие и сопутствующие. Ведущие факторы различны для разных организмов, даже если они обитают в одном месте. Они могут меняться в зависимости от сезона года, климатического пояса, различного возрастного состояния организмов. Понятие о ведущих факторах нельзя смешивать с понятием об ограничивающих факторах.

Факторы, которые ограничивают возможность существования вида в экстремальных для него условиях, называют ограничивающими или лимитирующими. Ограничивающее действие фактора будет проявляться и в том случае, когда другие факторы среды благоприятны или даже оптимальны. В роли ограничивающего фактора могут выступать как ведущие, так и фоновые экологические факторы.

Понятие о лимитирующих факторах было введено в 1840 году химиком Ю.Либихом. Изучая влияния на рост растений содержания различных химических элементов в почве, он сформулировал принцип, известный под названием закона минимума Либиха: «В комплексе экологических факторов сильнее действует тот, который наиболее близок к пределу выносливости».

Рассмотрим закон минимума Либиха на конкретных примерах. В почве содержатся все элементы питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например цинка. Рост растений будет на такой почве сильно угнетен или вообще невозможен. Если мы прибавим в почву нужное количество цинка, это приведет к увеличению урожая. Но если мы будем вносить любые другие химические соединения, а цинк будет отсутствовать, это не даст никакого эффекта.

Закон минимума Либиха распространяется на все абиотические и биотические факторы, влияющие на организм. Сформулированный закон применим как к растениям, так и к животным.

Лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток таких факторов, как, например, тепло, свет, вода. Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом ввел В.Шелфорд, сформулировавший «закон толерантности». Он гласит: «лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия. Диапазон между этими величинами опреде-

ляет величину выносливости организма».

Таким образом, для каждого вида существуют пределы значений жизненно необходимых факторов среды, которые ограничивают зону его толерантности. Живой организм может существовать в некотором определенном интервале значений факторов. Чем шире этот интервал, тем больше устойчивость, или толерантность, данного организма. Закон толерантности является одним из основополагающих принципов современной экологии.

Приспособление организмов к неблагоприятным условиям среды

Экологические факторы среды могут выступать как раздражители (вызывают приспособительные изменения физиологических и биохимических функций), ограничители (обуславливают невозможность существования в данных условиях), модификаторы (вызывают анатомические и морфологические изменения организмов), сигналы (свидетельствуют об изменениях других факторов среды).

В процессе приспособления к неблагоприятным условиям среды организмы выработали три основных пути:

- *активный путь* - путь, способствующий усилению сопротивляемости, развитию регуляторных процессов, которые позволяют осуществить все жизненные функции организмов, несмотря на благоприятные факторы. Например, теплокровные животные, обитая в условиях изменчивой температуры, поддерживают внутри себя постоянную температуру, которая оптимальна для биохимических процессов в клетках тела;
- *пассивный путь* связан с подчинением жизненных функций организма изменению факторов среды. При недостатке тепла это приводит к угнетению жизнедеятельности и понижению уровня метаболизма, что способствует экономному использованию энергетических запасов. Например, некоторые мелкие организмы могут полностью высыхать на воздухе, а затем возвращаться к активной жизни после пребывания в воде. Это состояние мнимой смерти называется анабиозом. Оцепенение насекомых, зимний покой растений, спячка позвоночных животных, сохранение семян и спор в почве – все это примеры скрытой жизни. Явление, при котором имеет место временный физиологический покой в индивидуальном развитии некоторых животных, растений, обусловленный неблагоприятными факторами внешней среды, называется диапаузой;
- *избегание неблагоприятных воздействий* – выработка организмом таких жизненных циклов, при которых наиболее уязвимые стадии его развития завершаются в самые благоприятные по температурным и другим условиям периоды года. Обычный для животных путь приспособ-

собления к неблагоприятным периодам – миграция.

Описанные пути приспособления характерны для различных экологических факторов среды. Наиболее часто приспособление вида к среде осуществляется сочетанием всех трех возможных путей адаптации.

В результате действия на организмы различных факторов внешней среды происходят характерные приспособительные изменения организмов, позволяющие им существовать в определенных условиях.

Морфологические адаптации – наличие таких особенностей внешнего строения, которые способствуют выживанию и успешной жизнедеятельности организмов в обычных для них условиях. Морфологический тип приспособления животного или растения, при котором они имеют внешнюю форму, отражающую способ взаимодействия со средой обитания, называют жизненной формой вида. При этом разные виды могут иметь сходную жизненную форму, если ведет близкий образ жизни (например кит, пингвин и акула).

Физиологические адаптации проявляются, например, в особенностях ферментативного набора в пищеварительном тракте животных, определяемого составом пищи; способности обеспечивать потребности во влаге путем биохимического окисления собственного жира (верблюды).

Поведенческие адаптации проявляются в самых различных формах. Например, создание убежищ, передвижение с целью выбора оптимальных температурных условий (суточные и сезонные кочевки млекопитающих и птиц).

Основные абиотические факторы среды и их влияние на организмы

Существует ряд экологических факторов абиотической природы, влияние которых на живые организмы почти везде практически одинаково. К ним, например, относится сила тяготения (гравитация), являющаяся константой среды жизни, одним из важнейших ее условий. Она определяет форму тел организмов, особенно многоклеточных. Диоксид углерода в атмосфере и гидросфере определяет явление фотосинтеза — основу всей жизни. Однако в связи с тем, что действие их не создает локальных различий в условиях жизни, оно во многих работах, которые направлены на практические цели, не рассматривается. В каждой среде обитания на организмы действует своя совокупность абиотических факторов. Некоторые из них играют важную роль во всех трех основных средах (в воде, почве и на суше) или в двух. Рассмотрим важнейшие из них, мысленно обособив от остальных.

Солнечный свет. Условия жизни организмов определяются общим потоком излучения в окружающей их среде. Организмы, которые живут на поверхности планеты или вблизи нее, воспринимают поток энергии, состоящий из солнечного излучения и длинноволнового теплового излучения от соседних тел. Именно эти два фактора обуславливают климатические условия среды —

температуру, скорость испарения воды, движения воздуха и воды.

Характеристика солнечной радиации. Солнечная радиация, поступающая на поверхность Земли, составляет около 99,8% в общем балансе энергии планеты. Она поддерживает тепловой баланс Земли, обеспечивает водный обмен организмов, создание и превращение органического вещества автотрофным звеном биосферы. Все это в конечном итоге делает возможным формирование среды, которая способна удовлетворить жизненные потребности организмов.

Излучение Солнца, приходящее к верхней границе биосферы, равно 8,3 Дж/см² в 1 мин. Эта величина носит название солнечной постоянной. Примерно 19 % солнечной энергии поглощается при прохождении через атмосферу (облаками, аэрозолями, диоксидом углерода, водяными парами, озоном и кислородом), 34 % отражается обратно в космическое пространство. Следовательно, лишь 47 % ее достигает земной поверхности в виде прямой и рассеянной радиации. Прямая солнечная радиация (24 %) – это совокупность электромагнитного излучения с длинами волн от 0,1 до 30000 нм. Рассеянная радиация (23 %) представляет собой отраженные лучи, т.е. это рассеянная небосводом диффузная радиация.

Совокупность прямой и рассеянной компонент солнечной радиации называют суммарной радиацией, ее численное значение в средних широтах может достигать 4,6 кДж/см² в сутки (около 3,2 Дж/см² в 1 мин). Суммарная радиация создает для ее обитателей так называемый световой режим.

Излучение, которое достигает почву или растительный покров, подразделяется на коротковолновое (300-4000 нм) и длинноволновое (более 4000 нм). Ультрафиолетовые лучи короче 290 нм, губительные для живых организмов, поглощаются озоновым слоем и до поверхности планеты практически не доходят.

Наибольшее значение для жизнедеятельности организмов имеет коротковолновая радиация; она в свою очередь условно разделяется на ультрафиолетовую (менее 400 нм), видимую (400-760 нм) и близкую инфракрасную (760-4000 нм) радиацию.

Длинноволновые УФ-лучи, которые обладают большой энергией фотонов, характеризуются высокой химической активностью. В больших дозах они вредны для организмов, в малых – необходимы многим из них. УФ-лучи в диапазоне 250-300 нм оказывают мощное бактерицидное действие, а при длине волны 200-400 нм вызывают у человека загар, который является защитной реакцией кожи.

В пределах видимого участка спектра выделяют фотосинтетически активную радиацию (длина волн 380-710 нм), ее энергия поглощается пигментами листа и имеет решающее значение в жизни растений, обеспечивая фотосинтез.

Важными с экологической точки зрения характеристиками света являются

ся продолжительность воздействия (длина дня), интенсивность (в энергетических величинах), спектральный состав лучистого потока.

Адаптационные ритмы жизни. Из-за осевого вращения Земли и движения вокруг Солнца развитие жизни на планете происходило в условиях регулярной смены дня и ночи, а также чередования времен года. Подобная ритмичность создает в свою очередь периодичность, т.е. повторяемость условий в жизни большинства видов. При этом вполне закономерно изменяется и действие большого числа экологических факторов: освещенности, температуры, влажности, давления атмосферного воздуха, всех компонентов погоды. Проявляется регулярность в повторении как критических для выживания периодов, так и благоприятных.

К указанным ритмам организмы приспособлены таким образом, что их физиологическое состояние и поведение изменяются в полном соответствии с циклическими изменениями внешней среды. Для жизнедеятельности разных видов организмов выделяют суточные, годовые и приливно-отливные ритмы.

Суточные ритмы приспособливают организмы к смене дня и ночи. При этом суточный ритм может влиять на многие процессы в организме. Так, у человека около ста физиологических характеристик подчиняются суточному циклу: кровяное давление, температура тела, частота сокращения сердца, ритм дыхания, выделение гормонов и многие другие. Отметим, что постоянные нарушения суточной ритмики организма человека в условиях ночного бодрствования, космических полетов, подводного плавания и т.п. представляют собой опасность для здоровья.

Годовые ритмы приспособливают организмы к сезонной смене условий. Благодаря этому, например, самые уязвимые для многих видов процессы размножения и выращивания молодняка приходятся на наиболее благоприятный сезон.

Имеющие место кратковременные изменения погоды (зимние оттепели, летние заморозки) не нарушают, как правило, годовых ритмов растений и животных. Поэтому следует подчеркнуть, что основным экологическим периодом, на который реагируют организмы в своих годовых циклах, является не случайное изменение погоды, а фотопериод, т.е. изменение в соотношении дня и ночи.

Общеизвестно, что длина светового дня закономерно изменяется в течение года, и именно это служит весьма точным сигналом приближения весны, лета, осени и зимы. Способность организмов реагировать на изменение длины дня называется фотопериодизмом.

В процессе эволюции выработались характерные временные циклы с определенной последовательностью и длительностью периодов размножения, роста, подготовки к зиме, т.е. биологические ритмы жизнедеятельности организмов в определенных условиях среды. Чередование света и темноты растения

воспринимают листьями. Под влиянием продолжительности дня в растениях образуются гормоны, которые влияют на цветение, образование клубней, корнеплодов. Животным также свойственен фотопериодизм. Так, наступление и прекращение брачного периода, плодовитость, линька, наступление зимней спячки, миграция происходят под влиянием этого явления.

Приливо-отливные ритмы. Виды организмов, которые обитают в прибрежной или донной части мелководья (на литорали), в которую свет проникает до дна, находятся в условиях очень сложной периодичности внешней среды. На 24-часовой цикл колебания освещенности и других факторов накладывается еще чередование приливов и отливов. В течение лунных суток (24 ч 50 мин) наблюдаются 2 прилива и 2 отлива. Дважды в месяц (новолуние и полнолуние) сила приливов достигает максимальной величины.

Этой сложной ритмике подчинена жизнь организмов, обитающих в прибрежной зоне. Так, самки рыбы атерина в самый высокий прилив откладывают икру у кромки воды, закатывая ее в песок. При отливе икра остается созревать в последнем. Выход мальков происходит через полмесяца, он совпадает с временем следующего высокого прилива.

Интенсивность света влияет на первичное продуцирование органического вещества фотоавтотрофами. При этом фотосинтетическая деятельность как у наземных, так и у водных фотоавтотрофов связана с интенсивностью света линейной зависимостью вплоть до оптимального уровня светового насыщения.

Ультрафиолетовые лучи имеют самую высокую энергию квантов и соответственно наибольшую фотохимическую активность. У растений и животных УФ-лучи способствуют синтезу некоторых биологически активных соединений, например, витаминов.

Видимый свет для фототрофных и гетеротрофных организмов имеет разное экологическое значение. У зеленых растений сформировался светопоглощающий пигментный комплекс, способствующий осуществлению процесса фотосинтеза, возникновению яркой окраски цветков, которая привлекает опылителей. Свет влияет на деление и растяжение клеток, ростовые процессы и на развитие растений, определяет сроки цветения и плодоношения. Для животных чрезвычайно важна роль видимого света, его спектральных участков и плоскости поляризации в целях пространственной ориентации, в регуляции многих физиолого-биохимических процессов.

Инфракрасные, или тепловые лучи несут основное количество (до 45%) тепловой энергии. При этом наиболее легко поглощается тепло водой, количество которой в организмах, как известно, весьма значительно. В свою очередь это приводит к нагреванию всего организма, что имеет особенно важное значение для холоднокровных животных (например, рептилий). В отношении растений важнейшая функция ИК-лучей состоит в осуществлении транспирации, с

помощью которой из листьев водяными парами отводится излишек тепла, а также создаются условия для проникновения диоксида углерода через устьица листьев в процессе фотосинтеза.

Элементы светового режима весьма переменчивы; они зависят от географического положения, высоты над уровнем моря, от рельефа, состояния атмосферы, характера земной поверхности, состояния и структуры растительности, от времени суток, сезона года, солнечной активности и глобальных изменений, которые могут происходить в атмосфере.

Температура. Из всего комплекса факторов температура занимает по своей значимости второе место после света почти во всех средах обитания. Экологическое значение тепла состоит, прежде всего, в том, что температура окружающей среды определяет температуру организмов, она также оказывает непосредственное влияние на скорость и характер протекания всех химических реакций, определяющих обмен веществ. Для многих из них может быть применен закон Вант-Гоффа, согласно которому при повышении температуры на 10 °С они ускоряются в 2—3 раза.

Температурными границами существования жизни на Земле являются такие, при которых еще сохраняются свойства, нормальное строение и функционирование прежде всего молекул ферментных белков. В среднем это интервал температур от около 0 до 50 °С. Температура влияет на количество потребляемой пищи, а также влияет на плодовитость, она определяет предпочтительность местообитания, длительность развития и число поколений в году.

Температурные условия среды теснейшим образом связаны с действием солнечного света, но определяются не только им. Существенное влияние на температурный режим местности оказывают светопоглощительная способность почвы, ее теплопроводность, теплоемкость, ночное выхолаживание, влагоемкость, а также облачность, ближние теплые или холодные морские течения. Из-за аккумуляции тепла почвой и водоемами весной и летом и постепенной отдачи его с наступлением осени и зимы значительно сглаживаются сезонные переходы температур в средних и высоких широтах, у морских берегов, в результате чего огромные массы воды являются резервуаром летнего тепла. Выравнивание температурных контрастов происходит также на протяжении суток, при смене дня и ночи.

Любой организм способен существовать лишь в определенном диапазоне температуры, ограниченном нижней летальной (смертельной) и верхней летальной температурой. Оптимальной будет та температура, которая наиболее благоприятна для жизнедеятельности и роста. Для каждого вида можно определить также температуры оцепенения от жары и от холода. Большинство организмов, встречающихся в районах с континентальным климатом, относится к эвритермным.

Адаптации организмов к температуре. Живые организмы в ходе длительной эволюции выработали разнообразные приспособления, которые позволяют регулировать обмен веществ при изменениях температуры окружающей среды. Это достигается: 1) различными биохимическими и физиологическими перестройками в организме, к которым относятся изменение концентрации и активности ферментов, обезвоживание, понижение точки замерзания растворов тела и т.д.; 2) поддержанием температуры тела на более стабильном температурном уровне, чем температура среды обитания, что позволяет сохранить сложившийся для данного вида ход биохимических реакций.

Рассмотрим некоторые виды адаптации организмов.

Биохимические адаптации к температуре. Многие растения и животные при постепенной подготовке успешно переносят в состоянии глубокого покоя или анабиоза предельно низкие температуры: некоторые насекомые переносят понижение температуры до -45°C , лиственница в районе Верхоянска выдерживает понижение температуры до -70°C . Эта холодостойкость обусловлена способностью клеток накапливать вещества с криопротекторными (холоднозащитными) свойствами: глицерина, сахарозы и др. Такие изменения пределов выносливости под влиянием предшествующих условий называют акклимацией.

Морфологические адаптации. Температура среды оказывает влияние на форму и строение растительных и животных организмов, т.е. их морфологию. Согласно правилу Бергмана, если два близких вида теплокровных животных отличаются размерами, то более крупный обитает в более холодном, а мелкий — в теплом климате. Это обусловлено тем, что с увеличением размера тел животных при продвижении на север уменьшается относительная поверхность тела, а значит, и теплоотдача. Отметим также, что у теплокровных животных выступающие части тела (например, уши у зайца, лисы) в холодном климате короче, чем в теплом, поэтому в первом случае они отдают в окружающую среду меньше тепла (правило Д. Аллена).

Физиологические адаптации. Вырабатываемое живыми организмами тепло как побочный продукт биохимических реакций может служить источником повышения температуры их тела. Поэтому многие организмы, используя физиологические процессы, могут в определенных пределах менять температуру своего тела. Эту способность называют терморегуляцией.

Имеются организмы с непостоянной температурой тела — пойкилотермные (холоднокровные) и организмы с постоянной температурой — гомойотермные (теплокровные). Пойкилотермия свойственна всем микроорганизмам, растениям и беспозвоночным животным. Гомойотермия характерна только для представителей двух высших классов позвоночных — птиц и млекопитающих (в т.ч. человека). Частный случай гомойотермии — гетеротермия — характерен для животных, которые впадают в оцепенение или спячку при

наступлении неблагоприятного периода года (сурки, суслики, ежи, летучие мыши и др.). В активном состоянии они способны поддерживать высокую температуру тел, а в неактивном — пониженную, что сопровождается замедлением обмена веществ. Отметим также, что в жаркое время года включаются физиологические механизмы, препятствующие перегреву. Так, у растений усиливается транспирация (испарение) воды с поверхности листьев.

Эффективным механизмом регуляции теплообмена у животных является испарение воды посредством потоотделения или через слизистые оболочки полости рта и верхних дыхательных путей. Так как теплота парообразования воды велика (2300 кДж/кг), этим путем выводится из организма много избыточного тепла. Способность к потоотделению у разных видов весьма различна. Так, человек при сильной жаре может выделить до 12 л пота в день, отводя при этом тепла в 10 раз выше нормы. У некоторых животных испарение осуществляется только через слизистые оболочки рта. У собаки, для которой одышка — основной способ испарительной терморегуляции, частота дыхания при этом доходит до 400 вдохов в минуту.

Эффективные температуры развития пойкилотермных организмов. По окончании зимнего времени и соответственно холодого угнетения нормальный обмен веществ восстанавливается для каждого вида при достижении лишь определенной температуры, которая называется температурным порогом развития. Развитие протекает тем интенсивнее, чем больше температура среды превышает пороговую. Следовательно, для осуществления генетической программы развития пойкилотермным организмам (например, культурным растениям) необходимо получить извне определенное количество тепла. Последнее измеряется суммой эффективных температур. Эффективная температура — разница между температурой среды и температурным порогом развития организмов. При этом для каждого вида она имеет верхние пределы, так как слишком высокие температуры уже не стимулируют, а тормозят развитие.

Отметим, что и порог развития, и сумма эффективных температур для каждого вида свои. Прежде всего, они зависят от исторической приспособленности вида к условиям жизни. Так, семена клевера (умеренный климат) прорастают при температуре почвы от 0 до +1 °С, а для семян финиковой пальмы необходимо предварительное прогревание почвы до +30 °С.

Сумму эффективных температур S определяют по формуле:

$$S = (t_c - t_n) \cdot n,$$

где t_c — температура окружающей среды, °С;

t_n — температура порога развития, °С;

n — число часов или дней, при которых $t_c > t_n$.

Сроки цветения растений зависят от того, за какой период они набирают сумму необходимых температур. Так, для зацветания мать-и-мачехи, например,

$S = 77$, земляники — 500, а желтой акации — 700 °С.

Расчеты эффективных температур необходимы в практике сельского и лесного хозяйства, при борьбе с вредителями, интродукции (внедрении) новых видов и т.п., поскольку они дают основу для составления прогнозов.

Влажность. Протекание всех биохимических процессов в клетках и нормальное функционирование организма в целом возможны только при достаточном обеспечении его водой. Она является одновременно и климатическим, и эдафическим (средообразующим) фактором, поскольку многим организмам, особенно растениям, вода требуется в определенном состоянии и в атмосфере, и в почве. В растениях вода присутствует в двух формах: свободной и связанной (в последнем случае ее водород химически связан в тканях растений).

Об исключительно важном биологическом значении воды свидетельствует тот факт, что тела живых организмов в основном состоят из воды. В растениях ее от 40 до 90 %. В стволах деревьев содержится 50-55 %, их листьях — 79-82 %, листьях трав — 83-86 %, плодах томатов и огурцов — 94-95 %, в водорослях — 96-98 %. Растения погибают при потере около 50 % воды.

Организм новорожденного состоит из воды приблизительно на 75 %. В теле взрослого человека ее содержание достигает 63 %. При этом стекловидное тело глаза содержит 99 % воды, кровь — 92 %, жировая ткань — 29 %, кости скелета — 22 %, зубная эмаль — 0,2 % воды. Для человека необходимо постоянно поддерживать и обновлять запасы воды в своем организме, потребляя в сутки не менее 2-3 л воды. Обезвоживание организма на 10 % уже опасно, а на 25 — смертельно для человека. Таким образом, удовлетворение потребностей в воде и борьба против ее возможных потерь составляют для сухопутных обитателей важнейшие экологические задачи. Вся эволюция наземных организмов шла под знаком приспособления к добыванию и сохранению влаги. Вода для живых организмов служит и «универсальным растворителем»: именно в растворенном виде транспортируются питательные вещества, гормоны, выводятся вредные продукты обмена и др.

Два абиотических фактора — температура и количество осадков (дождя или снега) — определяют размещение по земной поверхности основных наземных биомов — очень крупных экосистем (степь, тайга, тундра, пустыня и др.). Режим температуры и осадков на некоторой территории в течение достаточно долгого периода времени называют климатом.

Известно, что климат в разных районах планеты неодинаков. Годовая сумма осадков меняется от практически 0 до 2500 мм и более. Среднегодовая температура также варьирует от отрицательных величин до 38°С. Разные режимы температуры и осадков сочетаются между собой совершенно разнообразно.

Действие многих абиотических факторов, включая рельеф, ветер, тип

почв и т.д., проявляется опосредовано — через температуру и (или) влажность. Вследствие этого на небольшом участке земной поверхности климатические условия могут существенно отличаться от средних для данного региона показателей. Такие локальные (местные) условия называются микроклиматом. Он формируется, например, на опушке леса, склоне холма, берегу озера, в норе и т.п.

Физические свойства воды — плотность, удельная теплоемкость, растворенные в ней соли и газы, водородный показатель pH, а также ее движение являются для обитателей водной среды экологическими факторами их приспособления и выживания.

Классификация организмов по отношению к влажности (следовательно, и распределение по различным местообитаниям) включает следующие группы: 1) организмы водные или гидрофильные (гидрофиты) — живут постоянно в воде; 2) организмы гигрофильные (гигрофиты) — могут жить только в очень влажных местообитаниях с воздухом, насыщенным или близким к насыщению (нижние ярусы серых лесов, заболоченные участки). К этой группе относятся и большинство взрослых особей амфибий (например, лягушки), кровососущие комары, дождевые черви и многие другие представители почвенной фауны; 3) организмы мезофильные (мезофиты), отличающиеся умеренной потребностью в воде или во влажности атмосферы и могущие переносить смену сухого и влажного сезонов. К ним относится большое количество животных умеренного пояса и большинство культурных растений; 4) виды ксерофильные (ксерофиты), живущие в сухих местообитаниях с недостатком воды как в воздухе, так и в почве (пустыни и прибрежные дюны). Среди животных эта группа представлена многочисленными насекомыми, они отличаются особенной адаптацией к сухости. Отдельный вид улиток может оставаться жизнеспособным более четырех лет, впадая в летнюю спячку, когда становится слишком сухо.

Животные способны получать воду разными путями: через кишечный тракт у видов, пьющих воду; использованием воды, содержащейся в пище; посредством проникновения воды через кожный покров у амфибий; наконец, использованием метаболической воды, образующейся при окислении жиров. Верблюды способны переносить потери воды до 27 % массы тела, поскольку при окислении 100 г жиров образуется до 110 г воды.

Потери воды организмами связаны с транспирацией и испарением через кожный покров, с дыханием, а также с выделением мочи и экскрементов. Хотя животные способны выдерживать кратковременные потери воды, но в целом расход ее должен возмещаться приходом. Подчеркнем, что обезвоживание приводит к гибели быстрее, нежели голодание.

Атмосферный воздух. Представляя собой физическую смесь газов различной природы, воздух имеет для всего живущего исключительное значение.

Он является той материальной средой, с которой тесно связана жизнедеятельность практически всех организмов. С позиции экологии воздух это не только газовая оболочка планеты, но и газовая компонента почвы, растворенные газы природных вод и тканевых жидкостей организмов. Подобно другим экологическим факторам, воздух, воздействуя физически и химически на земную кору, обуславливает важнейшие геологические процессы, которые протекают на поверхности планеты.

Состав чистого сухого воздуха практически одинаков во всех местностях земного шара: (в объемных процентах): азот – 78,01; кислород – 20,95; аргон – 0,93; диоксид углерода – 0,032 % об. Помимо аргона, воздух содержит малые количества других благородных газов (неона, гелия, криптона, ксенона), а также водорода, озона, диоксида серы, оксида углерода (II), аммиака и др. В воздухе имеются также водяной пар (до 4 %), количество которого определяется температурой, эфирные масла и другие выделения растений.

Обладая низкой плотностью, довольно высоким содержанием кислорода и относительно малым количеством водяных паров, воздух во многом определяет особенности передвижения и образа жизни сухопутных живых существ, а также их дыхания и водообмена. Напомним, что наземно-воздушная среда обитания была освоена организмами в ходе эволюции значительно позднее, нежели водная.

Относительно низкая плотность воздуха и связанные с ней малая подъемная сила и незначительная опорность потребовала для обитателей наземно-воздушной среды создания собственной опорной системы, которая поддерживает тело. Для растений это разнообразные механические ткани, для животных — как правило, твердый скелет. Тем не менее, наземные организмы имеют предельные размеры и массу. Известно, что самые крупные сухопутные животные значительно меньше, нежели гиганты водной среды.

Низкая плотность воздуха обуславливает и сравнительно низкое давление на суше (на уровне моря оно равно 760 мм рт. ст.). Так как с увеличением высоты давление уменьшается, а с ним и количество кислорода, низкое давление ограничивает распространение видов живых организмов в горах: для большинства позвоночных животных верхняя граница жизни около 6000 м. Примерно таковы же пределы продвижения в горы высших растений.

Поскольку малая плотность воздуха обуславливает и низкую сопротивляемость передвижению в нем, многие наземные животные (до 75 % видов) в ходе эволюции приобрели способность к полету. Летают преимущественно птицы и насекомые в основном с помощью мускульных усилий, но некоторые могут и планировать.

Жизнь во взвешенном состоянии невозможна; и хотя многие животные, микроорганизмы, споры, семена и пыльца растений способны длительно нахо-

диться в воздухе, основная функция жизненного цикла организмов – размножение – осуществляется только на поверхности земли.

Кроме физических средств воздушной среды, для существования наземных организмов весьма важны многие ее компоненты.

Кислород является жизненно необходимым для абсолютного большинства живых организмов. Только анаэробные бактерии могут развиваться в бескислородной среде. Благодаря кислороду протекают экзотермические реакции, в результате которых освобождается необходимая для жизнедеятельности организмов энергия. В химически связанном состоянии кислород входит в состав многих важных органических и минеральных соединений живых организмов. Первостепенна роль кислорода в процессах дыхания животных и растительных организмов: при содержании его в воздухе на уровне 14 % многие млекопитающие гибнут.

Важным экологическим аспектом является повышение растворимости кислорода в воде по мере уменьшения ее температуры. Фауна водных бассейнов полярных и приполярных широт обильна и разнообразна, главным образом вследствие повышенного содержания кислорода в холодной воде. Напротив, в теплых водах тропических бассейнов пониженная концентрация растворенного кислорода ограничивает дыхание, затрудняет жизнедеятельность и соответственно снижает численность водных животных.

Диоксид углерода CO_2 является одной из важнейших и преобладающих форм первостепенного биогенного элемента углерода в природе. Обладая особыми физическими и химическими свойствами, он является циркулирующей формой неорганического углерода. Вследствие относительно небольшого количества этого газа в воздухе даже небольшие колебания в его содержании заметно отражаются на процессе фотосинтеза.

В природе основным источником диоксида углерода служит так называемое почвенное дыхание. Так, например, почва букового леса выделяет от 15 до 22 кг/га в час этого газа. Другими источниками являются процессы горения, вулканы, промышленные предприятия и транспорт. Особенно мощным антропогенным загрязнителем атмосферы диоксидом углерода служит теплоэнергетика.

Азот воздуха является нейтральным газом для большинства организмов, особенно животных. Однако для значительной группы микроорганизмов (клубеньковых бактерий, сине-зеленых водорослей и др.) азот является фактором жизнедеятельности. Названные микроорганизмы, усваивая молекулярный азот, после отмирания и минерализации снабжают корни высших растений доступными формами этого элемента. Тем самым азот включается в азотсодержащие вещества растений (аминокислоты, белки, пигменты и др.). В дальнейшем биомасса этих растений потребляется травоядными животными и т.д. по пищевой цепи.

Озон является одним из важнейших компонентов воздуха. Он имеет существенное эколого-биологическое значение, несмотря на очень низкое количественное содержание в атмосфере. Это связано с тем, что молекула озона O_3 активно поглощает коротковолновое УФ-излучение Солнца и таким образом является защитным экраном от жесткого, короче 280 нм, УФ-излучения, опасного для всего живого на Земле.

Аргон, неон, гелий и другие благородные газы атмосферы в экологическом плане считаются нейтральными (на данном уровне знания).

Загрязнения антропогенного происхождения, поступающие в воздух, весьма существенно влияют на живые организмы. Особенно это присуще ядовитым газообразным веществам — диоксиду серы, метану, оксиду углерода (II), диоксиду азота, сероводороду, соединениям хлора, а также частицам пыли, свинца и т.п. Например, лишайники погибают даже при следах диоксида серы в воздухе среды их обитания.

Геомагнитное поле. Магнитное поле планеты удерживает электроны и ядра водорода, которые образуют вокруг Земли радиационный пояс.

Изменения в геомагнитном поле (ГМП) в основном связаны с солнечной активностью. Циклические возмущения ГМП достигают минимума одновременно с минимумом солнечной деятельности или на год позже. Вспышки на Солнце вызывают более мощные корпускулярные потоки, которые возмущают магнитное поле Земли. При этом быстро и сильно меняются характеристики магнитного поля, возникает т.н. «магнитная буря».

Аналогично гравитационному полю, ГМП является всепроникающим и всеохватывающим физическим фактором, который неизбежно оказывает влияние на процессы, происходящие на Земле и в окружающем ее пространстве, воздействует на все живое, в том числе и на человека. Это влияние носит довольно сложный характер, по-видимому, оно проявляется на клеточном уровне и затрагивает генетический аппарат. Поэтому изучение характера магнитного поля и воздействия на живые организмы представляет одно из новых и перспективных направлений в биологии и медицине. Достоверно установлено, что в периоды магнитных бурь возрастает количество сердечно-сосудистых заболеваний, ухудшается состояние больных, страдающих гипертонией. Так, в годы спокойного Солнца (1963-1964 гг.) отмечено меньшее число инфарктов миокарда, мозговых инсультов, гипертонических кризов, однако в годы активного Солнца (1967-1968 гг.) сосудистые катастрофы заметно учащались. Еще в 1930 г. основоположник гелиобиологии А.Л. Чижевский указывал, что больной организм следует рассматривать как систему, которая выведена из состояния устойчивого равновесия. Для таких биологических систем достаточно импульса извне, чтобы неустойчивость постепенно или сразу увеличилась и организм погиб. Согласно воззрениям ученого, подобным импульсом могут быть резкие

изменения в ходе метеорологических и гелиогеографических факторов.

Ионизирующее излучение – это любой вид излучения, прохождение которого через вещество, живую клетку, ткани, организм вызывает ионизацию и возбуждение составляющих их молекул и атомов. При этом различают *квантовое* (электромагнитное) ионизирующее излучение, к которому относят ультрафиолетовые лучи, (длина волны 380... 400 нм), рентгеновские лучи (от 10^7 до 10^{-12} м) и гамма лучи (менее 0,1 нм), а также *корпускулярное* ионизирующее излучение, к которому относятся альфа-лучи (ядра атомов гелия), бета-лучи (электроны или позитроны), потоки протонов и других частиц.

В природе ионизирующими излучениями являются космические лучи и излучения радиоактивных веществ. Космические лучи — поток атомных ядер (в основном протонов) высокой энергии, приходящих на Землю из мирового пространства (первичное излучение), а также образуемое ими в атмосфере планеты (вторичное излучение), в котором встречаются практически все известные элементарные частицы. По современным представлениям первичные космические лучи имеют в основном галактическое происхождение. Некоторая их часть приходит от Солнца. Предполагают, что частицы сверхвысоких энергий, возможно, зарождаются вне нашей Галактики.

Искусственное ионизирующее излучение (электроны, позитроны, протоны, нейтроны, атомные ядра и элементарные частицы, а также электромагнитное излучение гамма рентгеновского и оптического диапазонов) создается, главным образом, на ускорителях заряженных частиц в результате испытаний ядерного оружия, работы ядерных энергетических установок и т.д.

Радиационный фон Земли складывается из разных источников. Около 30 % естественного фона ионизирующих излучений составляют космические лучи, до 70 % – излучения рассеянных в земной коре, почве, атмосфере, воде радиоактивных элементов — тория, урана, радия. Продукты их распада образуют α -, β - и γ -излучения. Радиоактивные изотопы K^{40} , H^3 , C^{14} входят в состав клеток и тканей организма, а также в естественный радиационный фон.

В последнее время выявлен вклад радона в радиационный фон окружающей среды. В воздух жилых помещений радон проникает в основном из земной коры (через трещины). Там он образуется при распаде Ra^{226} . Любое строение, в т.ч. жилой дом, препятствует рассеиванию радиоактивного газа радона, поэтому последний постепенно накапливается в помещениях, подчас достигая опасных концентраций.

Огонь как экологический фактор. В сочетании с определенными климатическими условиями (сушь, ветер) он может привести к полному или частичному выгоранию растительности в большинстве наземных местообитаний, гибели животных и микроорганизмов. Основной причиной возгорания в естественных условиях являются молнии, однако ныне все большее значение при-

обретают пожары, вызванные человеком: по некоторым данным ежегодно в мире огонь уничтожает растительность на площадях в десятки млн. га. Как следствие, в атмосферу поступают огромные количества диоксида углерода и других веществ, что приводит к заметным экологическим последствиям. Кроме прямого воздействия огня на живые организмы, экологически значимым является его косвенное воздействие. Это проявляется, например, прежде всего в ликвидации конкурентов для оставшихся в живых видов.

После сгорания растительного покрова резко изменяются условия среды: почва сильнее прогревается днем, но сильнее охлаждается ночью, больше пересыхает и легче подвергается ветровой и водной эрозии; наконец, увеличивается доступ к ней света. Изменяется и минеральный режим почвы на пожарищах, в частности, ускоряется минерализация гумуса, возрастает щелочность почвенного раствора и т.п. Выжигая в лесу подстилку, а в степи ветошь, огонь уничтожает многих представителей фауны, обитающих в этих слоях, но при этом, как правило, ликвидирует и многие патогенные факторы (например, разносчиков болезней).

В местностях, для которых характерны сухой климат и хорошо развитый растительный покров, многие растения в процессе эволюции приспособились к огневому воздействию и постепенно сформировали пиропитную (дословно: огнелюбивую) флору. Растения-пиропиты (дуб, белый ракитник и др.) обладают уникальными особенностями: быстрый рост и раннее плодоношение; твердая и прочная кожура семян; высокая огнестойкость коры стволов; высоко поднятая крона; высокая регенерационная способность корневых систем и т.п.

Выделяют несколько типов природных пожаров, которые различны по своему действию. Низовые пожары обладают избирательным действием, они способствуют развитию организмов с высокой устойчивостью к огню. Отметим, что относительно небольшие низовые пожары ускоряют разлагающее действие бактерий на отмершие растения и переводят минеральные питательные вещества почвы в более доступную для растений форму. Верховые пожары нередко уничтожают всю растительность и оказывают лимитирующее действие на большинство организмов. После таких пожаров биотическому сообществу приходится начинать все сначала, и должно пройти немало лет, пока участок снова станет достаточно продуктивным.

Военная деятельность может вызвать оба вида пожаров с присущими для них особенностями. При применении же некоторых видов оружия, в частности ядерного, возникают огненные бури с крайне тяжелыми последствиями, вплоть до полного и необратимого разрушения природных экосистем.

Питание как экологический фактор. Питанием называется процесс потребления энергии и вещества. Известны два способа питания: голопитный — без захвата пищи (посредством всасывания растворенных пищевых веществ че-

рез поверхностные структуры организма) и голозойный — посредством захвата частиц пищи внутрь тела. Пищевые вещества, попавшие в организм, вовлекаются в процессы метаболизма. Метаболизм представляет собой совокупность взаимосвязанных и сбалансированных процессов, включающих разнообразные химические превращения веществ в организме. Реакции синтеза сложных веществ, осуществляющиеся с потреблением энергии, составляют основу анаболизма, или ассимиляции.

Корм — важнейший экологический фактор. Его качество и количество способны изменять плодовитость, продолжительность жизни, развитие и смертность живых существ. Помимо этого, разнообразие кормовых рационов лежит в основе многочисленных морфологических, физиологических и экологических адаптаций. Действительно, большинство жизненных приспособлений и функций любых видов организмов так или иначе связаны с питанием. Ими являются приспособления растений к почвам, растительноядных животных к поискам корма, хищников — к захвату добычи.

Является общеизвестным фактом положительное влияние улучшения качества корма при достаточном его количестве на численность, продолжительность жизни, скорость роста и плодовитость живых организмов. Например, известно, какую большую роль играют белки в жизни организмов. Так как животные не могут синтезировать белки из неживого вещества и берут их из растительной пищи, циклы развития животных и периоды размножения связаны с сезонными колебаниями содержания белка в растениях. Например, в умеренном поясе Северного полушария пик размножения и выкармливание детенышей у большинства животных приходится на май — июнь. Именно тогда имеет место наивысшее содержание белков в растительности (20% и более от сухого веса). В случае недостатка белков молодые организмы не могут развиваться, поэтому к маю — июню привязан сезон размножения и развития растительноядных животных, прежде всего наиболее многочисленных из них — насекомых. Избыток растительноядных животных, молодняк которых наиболее доступен для хищников, создает условия и для размножения последних.

Биотические факторы среды

В природной обстановке на каждый организм или группу организмов действуют не только абиотические факторы, но и остальные живые существа, которые являются неотъемлемой частью среды обитания. Это действие относят к категории биотических факторов. Это совокупность влияния жизнедеятельности одних организмов на другие. К этой группе факторов среды относят и антропогенный фактор. Под ним понимают фактор, косвенно обязанный своим происхождением деятельности человека. Более подробно биотические факторы рассматриваются в последующих главах.

2. ОСНОВНЫЕ СРЕДЫ ЖИЗНИ

На нашей планете живые организмы освоили четыре среды жизни. Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. Далее организмы начали заселять наземно-воздушную среду. Появились наземные растения и животные, которые адаптировались к новым условиям жизни. Функционирование живого вещества на суше привело к образованию почвы. Почву заселили как водные, так и наземные организмы. Четвертой средой жизни стали сами живые организмы.

Водная среда

Водная среда жизни, гидросфера, занимает до 71 % площади земного шара. Основное количество воды (до 94 %) сосредоточено в морях и океанах, 1,2% - льдах, пресные воды рек, озер, болот не превышают 0,45%. В водной среде обитает примерно 150 тысяч видов животных (7 %) и 10 тысяч видов растений (8 %).

Характерной чертой водной среды является ее подвижность. Обитатели водоемов выработали соответствующие приспособления к подвижности в данной среде (форма тела, органы прикрепления и др.). Поскольку температурный режим водоемов характеризуется большой стабильностью, организмы, обитающие в них, отличаются относительным постоянством температуры тела и обладают узким диапазоном приспособленности к колебаниям температурной среды (стенотермностью). Эвритермные виды встречаются главным образом в мелких континентальных водоемах и на литорали морей высоких и умеренных широт, где значительны суточные и сезонные колебания температуры.

Воде свойственна значительная плотность. В этом отношении она в 800 раз превосходит воздушную среду. В среднем в водной толще на каждые 10 м глубины давление возрастает на 1 атмосферу. На растениях эти особенности сказываются в том, что у них слабо развивается механическая ткань, поэтому стебли их эластичны и легко изгибаются. Погруженные гидрофиты обладают хорошей плавучестью, создаваемой специальными приспособлениями, такими, как воздушные мешки, вздутия. Плавучесть также повышается с увеличением поверхности тела.

Организмы в водной среде распределены по всей ее толще (в океане животные встречаются на глубине до 10 тыс. метров, переносят давление от нескольких до нескольких сот атмосфер). Но вместе с тем следует отметить, что многие обитатели морей и океанов относительно стенобионтны и приспособлены к определенным глубинам (мелководные и глубоководные виды).

Толща воды – пелагиаль – заселена пелагическими организмами, способными активно плавать или парить в определенном слое воды. В соответствии с

этим организмы делятся на 2 группы: нектон и планктон, а обитатели дна образуют третью экологическую группу организмов – бентос.

Нектон (плавающий) – совокупность пелагических, активно передвигающихся животных, не имеющих непосредственной связи с дном. В основном это крупные животные, способные преодолевать большие расстояния и сильные течения (рыбы, кальмары, ластоногие, киты). В пресных водоемах кроме рыб к ним относятся земноводные и активные насекомые.

Планктон – (парящий) – совокупность пелагических организмов, не обладающих способностью к быстрым активным передвижениям. Это зоо- и фитопланктон. Планктонные организмы являются важным пищевым компонентом для водных животных (киты).

Бентос (глубина) – совокупность организмов, обитающих на дне или в грунте водоемов. Он подразделяется на зообентос и фитобентос. Бентосные организмы различают по образу жизни – подвижные, малоподвижные и неподвижные; по способу питания – фотосинтезирующие, плотоядные, растительноядные, детритные; по размерам – макро-, мезо- и микроорганизмы.

Плотность водной среды обеспечивает возможность животным организмам опираться на нее, что важно для бесскелетных форм. Опорность среды служит условием парения в воде. К такому образу жизни приспособлены многие гидробионты.

Большое влияние на водные организмы оказывает прозрачность воды и ее световой режим. Интенсивность света в воде сильно ослаблена, так как часть падающей радиации отражается от поверхности воды, другая поглощается ее толщей. Поглощение света связано с прозрачностью воды. Особенно это сказывается на распространении фотосинтезирующих растений. Так, растения, живущие на поверхности воды, не испытывают недостатка света, а погруженные и особенно глубоководные относятся к «теновой флоре». Им приходится адаптироваться не только к недостатку света, но и к изменению его состава выработкой дополнительных пигментов. В мелководной зоне, как правило, преобладают зеленые водоросли. В более глубоких зонах встречаются бурые водоросли, имеющие кроме хлорофила бурые пигменты фикофеин, фукоксантин и др. Еще глубже обитают красные водоросли, содержащие пигмент фикоэритрин. Приспосабливается способность к улавливанию солнечных лучей с разной длиной волны. Данное явление получило название хроматической адаптации.

С глубиной заметно меняется окраска, видовой состав и у животных. В светлых, поверхностных слоях воды обитают ярко и разнообразно окрашенные животные, глубоководные виды обычно лишены пигментов. В больших глубинах океана обитают животные, окрашенные в цвета с красным оттенком, что помогает им скрываться от врагов.

Немаловажную роль в жизни водных организмов играет соленость воды.

Вода является хорошим растворителем многих минеральных соединений, наибольшее значение имеют карбонаты, сульфаты, хлориды. Количество растворенных солей на 1 л воды в пресных водоемах не превышает 0,5 г, в морях и океанах оно достигает 35 г. Для жизни пресноводных животных существенную роль играет кальций. Пресноводные растения и животные обитают в гипотонической среде, т.е. в среде, где концентрация растворенных веществ ниже, чем в жидкостях тела и тканей. Из-за разницы в осмотическом давлении вне и внутри тела в организм постоянно проникает вода, поэтому гидробионты пресных вод вынуждены постоянно удалять ее. У них хорошо выражены процессы осморегуляции.

Концентрация солей в жидкостях тела и тканях морских организмов изотонична концентрации растворенных солей в окружающей воде. В связи с этим осморегуляторные функции у них развиты слабее, чем у пресноводных. Осморегуляция является одной из причин того, что многие морские растения и животные не сумели заселить пресные водоемы и оказались типичными морскими жителями. Типично морские и типично пресноводные организмы не переносят значительных изменений солености воды.

Концентрация водородных ионов также сказывается на распределении водных организмов. Морская вода щелочная и рН ее меньше изменяется, чем в пресной. С увеличением глубины рН уменьшается.

Большинство пресноводных рыб выдерживают рН от 5 до 9. Если рН меньше 5, наблюдается массовая гибель рыб, а выше 10 – погибают все рыбы и другие животные.

Наземно-воздушная среда

Особенностью наземно-воздушной среды жизни является то, что организмы, обитающие здесь, окружены газообразной средой, характеризующейся низкими влажностью, плотностью и давлением, высоким содержанием кислорода. Экологические факторы имеют свои особенности: более высокая интенсивность света в сравнении с другими средами, значительные колебания температуры, изменения влажности в зависимости от географического положения, сезона года и времени суток.

В процессе эволюции у живых организмов наземно-воздушной среды выработались характерные адаптации (анатомо-морфологические, физиологические, поведенческие и др.). Например, появились органы дыхания (устыица растений, легкие, трахеи у животных), сильное развитие получили скелетные образования, поддерживающие тело в условиях незначительной плотности среды; выработались сложные приспособления для защиты от неблагоприятных факторов (периодичность и ритмика жизненных циклов, наружное строение покровов, механизмы терморегуляции и др.), установилась полная связь с почвой

(корни, растений, конечности животных); выработалась большая подвижность животных в поисках пищи; появились летающие животные и переносимые воздушными потоками семена, плоды, пыльца растений.

Рассмотрим особенности воздействия основных экологических факторов на растения и животных в наземно-воздушной среде обитания.

Низкая плотность воздуха определяет его незначительную опорность и малую подъемную силу. Поверхность земли служит всем обитателям наземно-воздушной среды для прикрепления и опоры. Для большинства обитателей пребывание в воздухе связано только с поиском добычи или расселением. Малая плотность воздуха создает также незначительную сопротивляемость передвижению. В связи с этим многие наземные животные приобрели в процессе эволюции способность к полету. 75% всех видов наземных животных способны к активному полету. В основном это насекомые и птицы, но встречаются и млекопитающие, и рептилии. Полет происходит главным образом с помощью мускульных усилий, но некоторые животные могут планировать за счет воздушных течений – пассивный полет. Организмы, пассивно переносимые потоками воздуха, получили название аэропланктона.

Газовый состав воздуха в приземном слое атмосферы довольно однороден: кислород составляет 20,9 %, азот – 78,1 %, инертные газы – 1 %, углекислый газ – 0,03 % по объему. Однако различные примеси газообразных, капельножидких, пылевых частиц, попадающих в атмосферу из различных источников, нередко имеют существенное экологическое значение.

Уровень содержания кислорода в воздухе довольно высок и постоянен. Только местами, в специфических условиях, создается временный дефицит кислорода. Содержание углекислого газа в атмосфере может меняться в результате сжигания топлива, обмена с биосферой и океаном. В отдельных участках приземного слоя воздуха содержание углекислого газа может изменяться в довольно значительных пределах. Например, при отсутствии ветра в крупных промышленных центрах концентрация его может возрасти в десятки раз. Закономерны суточные изменения содержания углекислого газа в приземном слое атмосферы, обусловленные ритмом фотосинтеза растений.

В высоких концентрациях углекислый газ токсичен, но в природе такие концентрации встречаются редко. Низкое же его содержание тормозит процесс фотосинтеза. Азот воздуха для большинства обитателей наземно-воздушной среды является инертным газом, но такие микроорганизмы, как клубеньковые бактерии, азотбактерии, клостридии, обладают способностью связывать его и вовлекать в биологический круговорот.

Для наземно-воздушной среды характерен особый световой режим. Количество достигающей поверхности Земли радиации зависит от географической широты местности, продолжительности дня, прозрачности атмосферы, уг-

ла падения солнечных лучей.

Освещенность на поверхности Земли варьирует в широких пределах. Все зависит от угла падения солнечных лучей, длины дня и условий погоды, прозрачности атмосферы. Интенсивность света также колеблется в зависимости от времени года и времени суток. В разных местах обитания различаются не только интенсивность радиации, но и ее спектральный состав, продолжительность освещения растений, пространственное и временное распределение света разной интенсивности и т.д. В связи с этим разнообразны и приспособления организмов к жизни в наземной среде при различных световых режимах.

Одна из наиболее существенных особенностей наземно-воздушной среды жизни – дефицит влаги. Режимы влажности среды на суше разнообразны – от полного и постоянного насыщения воздуха водяными парами в области экваториального и муссонно-тропического климата до практически полного их отсутствия в сухом воздухе пустынь.

Водообеспечение наземных организмов зависит от режима выпадения осадков, наличия водоемов, запасов почвенной влаги, близости грунтовых вод и т.д. Это способствовало развитию у наземных организмов множества адаптаций к различным режимам водообеспечения.

Осадки, кроме водообеспечения и создания запасов влаги, могут играть и другую экологическую роль. При ливневых дождях вода стекает быстрыми потоками и часто сносит в озера и реки плодородный слой почвы, мелких животных, растения. Отрицательное действие на растения и животных оказывает град. Иногда при этом стихийном бедствии бывают полностью уничтожены посевы на полях.

Экологическая роль снежного покрова многообразна. Для многих растений, мелких животных снег играет роль теплоизолирующего покрова. Однако крупным животным снежный зимний покров мешает добывать корм, а выпадение большого количества снега оказывает отрицательное влияние и на растения (механические повреждения растений, выпаривание, вымокание).

Осадки, помимо непосредственного воздействия на организмы, обуславливают ту или иную влажность воздуха, которая играет важную роль в жизни растений и животных, так как влияет на интенсивность их водного обмена.

Особенностью наземно-воздушной среды является большой размах температурных колебаний. В большинстве районов суши суточные и годовые амплитуды колебания температуры составляют десятки градусов.

Устойчивость к температурным изменениям у наземных организмов различна и зависит от конкретного местообитания, где протекает их жизнь. Однако в целом они отличаются большей эвритермностью по сравнению с водными организмами.

Для наземно-воздушной среды, как и для водной, характерно четко вы-

раженная зональность. Различают широтные и меридиальные природные зоны. Первые тянутся с запада на восток, вторые – с севера на юг. Выделяют 6 главных климатических зон: экваториальная зона, тропическая зона, зона сухих субтропиков, переходная зона, умеренная зона, арктическая – антарктическая зона.

Каждая климатическая зона характеризуется своеобразной растительностью и животным населением. Наиболее богаты жизнью и продуктивны тропические леса, прерии, поймы рек, леса субтропиков и переходной зоны. Менее продуктивны пустыни, луга и степи.

Почва как среда жизни

Почва, как среда обитания, обладает специфическими физическими свойствами. Для нее характерна более или менее рыхлая структура, определенная водопроницаемость и аэрируемость.

В состав почвы входят четыре важных структурных компонента: минеральная основа, органическое вещество, воздух и вода.

Минеральная основа почвы – неорганический компонент, образовавшийся из материнской породы в результате ее выветривания. Скелетный материал разделяют на мелкий грунт (частицы менее 2 мм) и более крупные фрагменты. Механические и химические свойства почвы в основном определяются теми веществами, которые относятся к мелкому грунту.

Структура почвы определяется относительным содержанием в ней песка и глины. Идеальная почва должна содержать приблизительно равные количества глины и песка с частицами промежуточных размеров. Такая почва называется суглинками.

Все свойства почвы во многом зависят и от климатических факторов, и от жизнедеятельности почвенных организмов.

Свойства почвы в своей совокупности создают определенный экологический режим, основными показателями которого служат гидротермические факторы и аэрация. Хорошо увлажненная почва легко прогревается и медленно остывает. Суточные колебания затрагивают слои до глубины в 1 м. Аэрацию почвы обуславливает ее пористость, которая обеспечивает циркуляцию не только воды, но и воздуха.

Влажность, температура и аэрация почвы - факторы, тесно взаимосвязанные и взаимозависимые. Сложный комплекс их обуславливает гидротермический режим почвы и в результате оказывает решающее влияние на существование почвенных обитателей.

Почва играет важную роль и в минеральном питании растений. Органическое вещество почвы, состоящее из отмерших остатков растений и животных, называют гумусом. От количества гумуса в почве зависит численность и видо-

вое разнообразие почвенных обитателей. Все живые обитатели почвы выполняют определенную роль в процессе гумусообразования. Он начинается разрушением и измельчением растительной массы и мертвого животного вещества. Этот процесс осуществляется животными при обязательном участии грибов и растений. Микроорганизмы, растения и животные, обитающие в почве, находятся в постоянном взаимодействии друг с другом и со средой обитания. Благодаря этим взаимоотношениям и в результате коренных изменений физических, химических и биохимических свойств горной породы в природе постоянно происходят почвообразовательные процессы.

Почвенные животные могут быть сгруппированы по степени связи со средой обитания в 3 экологические группы:

1. Геобионты – постоянные обитатели почвы (дождевые черви, насекомые).
2. Геофилы – животные, часть цикла развития, чаще одна из фаз проходит в почве (саранча, многие жуки, комары, долгоножки. Личинки их развиваются в почве).
3. Геоксены – животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища (тараканы, жуки, грызуны).

В зависимости от размеров и степени подвижности, почвенных обитателей можно разделить на несколько групп: микробиота, мезобиота, макробиота и мегабиота.

Микробиота – почвенные микроорганизмы, составляющие основное звено детритной пищевой цепи, представляют собой как бы промежуточное звено между растительными остатками и почвенными животными. Сюда относятся сине-зеленые водоросли, бактерии, грибы и простейшие.

Мезобиота – совокупность сравнительно мелких, легко извлекающихся из почвы, подвижных животных. Сюда относятся почвенные нематоды, мелкие личинки насекомых, клещи, ногохвостки и др.

Макробиота – крупные почвенные животные с размерами тела от 2 до 20 мм. К данной группе относятся личинки насекомых, многоножки, дождевые черви и др.

Мегабиота – крупные землерои, в основном из числа млекопитающих. Многие из них проводят в почве всю жизнь. Однако помимо постоянных обитателей почвы выделяют группу обитателей нор. К этой группе относятся животные, которые кормятся на поверхности, однако размножаются, зимуют, отдыхают, спасаются в почве. Это барсуки, сурки, суслики, тушканчики и др.

Важнейшим свойством почвы является плодородие, которое определяется содержанием гумуса, макро- и микроэлементов. Каждый элемент играет свою роль в структуре и обмене веществ растений и не может быть заменен полностью другим.

Растения, распространенные преимущественно на плодородных почвах называют эвтрофными. Растения, довольствующиеся небольшим количеством питательных веществ, называются олиготрофными. Между ними выделяют промежуточную группу мезотрофных видов.

Растения неодинаково относятся к кислотности почвы: предпочитающие кислые почвы называют ацидофилами, предпочитающие щелочные почвы – базифилами, а растения почв с нейтральной реакцией – нейтрофилами.

Растения, приспособившиеся к произрастанию на почвах с высоким содержанием солей, называют галофитами, а произрастающие не на засоленных почвах – гликофитами.

Живые организмы как среда жизни

Для животных и растений, ведущих паразитический образ жизни, организм на котором или в котором они поселяются, является специфической средой обитания. Практически нет ни одного вида многоклеточных организмов, не имеющих внутренних обитателей. Чем выше организация хозяев, чем больше степень дифференцированности их тканей и органов, тем более разнообразные условия они могут предоставить своим сожителям. В этом направлении большие научные разработки сделаны учеными Догелем, Павловским. Паразитизм – явление столь всеобщее, что единственные живые существа, не подверженные нападению паразитов, это те паразиты, которые являются последним звеном длинной цепи питания. Однако чем ниже на эволюционной ступени лестницы находится группа живых организмов, тем больше она включает видов паразитов. Некоторые группы низших животных состоят исключительно из паразитических форм. У позвоночных паразитизм, как способ существования встречается крайне редко. Многие паразиты почти полностью утратили связь с внешним миром – все стадии их развития проходят в организме хозяев (плазмодий, трихинелла). Существует несколько путей возникновения паразитизма:

1-й путь - квартирантство, когда более мелкий организм поселяется в жилище более крупного или вблизи его и со временем переходит на тело хозяина и внутрь его, переключаясь на питание за счет его пищи или соков, причиняя ему вред. Так квартирант превращается в паразита, а тело хозяина становится для него средой обитания.

2-й путь - хищничество. Если хищник нападает на крупную добычу, которую не может съесть сразу, он прикрепляется к ней и постоянно питается тканями или соками. При определенных условиях хищник проникает внутрь тела хозяина, находит там благоприятную среду обитания и может превратиться в паразита.

3-й путь – случайное проникновение будущего паразита в организм хозяина. Отдельные особи не погибают, а приспособливаются к новым условиям, пре-

вращаясь в паразита.

Паразитов обычно делят на две группы: эктопаразитов и эндопаразитов.

Эктопаразиты – наружные паразиты, обитающие на поверхности тела хозяина. Это клещи, пиявки, блохи, у растений – повилика европейская и др.

Эндопаразиты – внутренние паразиты, живущие внутри тела хозяина. Это большинство гельминтов, бактерии, вирусы, паразитические простейшие.

Различают стационарный и временный паразитизм. При стационарном паразитизме паразит на длительное время, часто на всю жизнь, связывает себя с хозяином. При временном паразитизме паразиты часть своей жизни проводят свободно (кровососущие двукрылые, клопы).

Чрезвычайно высокая плодовитость и сложные жизненные циклы развития позволяют им выжить в борьбе за существование. Например, аскарида продуцирует за 5-6 месяцев 50-60 млн. яиц, а свиной цепень за год – 600 млн. яиц и живет до 18 лет. Разумеется, из такого огромного количества яиц какая-то часть паразитических организмов всегда найдет подходящие условия для развития.

В ряде случаев паразиты сами становятся средой обитания других видов. В таком случае возникает явление сверхпаразитизма или гиперпаразитизма.

Живые организмы не только испытывают воздействия со стороны паразитов, но и реагируют на них. Паразит должен преодолевать сопротивление организма хозяина, его защитные реакции. Это сопротивление называется активным иммунитетом. Здоровые особи животных и растений обладают защитными приспособлениями, которые не позволяют проникать в них патогенным организмам. Так, у животных защитной реакцией является выработка гуморального иммунитета (образование в крови антител, подавляющих паразита). Ослабленные животные теряют сопротивляемость и подвергаются заражению.

Отношения между паразитом и хозяином в растительном и животном мире определенным образом уравновешены. Паразит не может размножаться до такой степени, чтобы привести к вымиранию популяции хозяина и лишиться себя источника питания и среды обитания. Следовательно, паразиты, как и свободноживущие виды, имеют сложную систему приспособлений к своей среде обитания.

3. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ, СООБЩЕСТВ И ЭКОСИСТЕМ

ПОПУЛЯЦИИ

Слово популяция – латинское, переводится как народ, население. Экологическую популяцию можно определить как любую совокупность особей одного вида, способных обмениваться генетической информацией, обладающую всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности и существующую неопределенно длительное время на определенной территории в постоянно изменяющихся условиях среды.

Популяции, как групповые объединения, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельно взятой особи. Групповые особенности – основные характеристики популяций. К ним относятся:

1. Численность – общее количество особей определенной территории или объема.
2. Плотность – среднее число особей на единицу площади или объема, занимаемого популяцией пространства.
3. Рождаемость – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения.
4. Смертность – показатель, отражающий количество погибших в популяции особей за определенный отрезок времени.
5. Прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью. Прирост может быть как положительный, так и отрицательный.
6. Темпы роста – средний прирост за единицу времени.

Популяции свойственна определенная организация. Распределение на территории особей, сбалансированных по полу, возрасту, морфологическим, физиологическим, генетическим особенностям отражают структуру популяции. Она формируется на основе общих биологических свойств вида, а с другой стороны – влиянием абиотических факторов среды и популяций других видов.

Любая популяция имеет определенную организацию и структуру. Ей присущи как пространственные, так и временные (динамические) характеристики. К пространственной структуре популяций относятся общая численность, плотность, пространственное распределение, а также возрастной состав, соотношение полов. Из динамических характеристик отметим рождаемость, смертность, скорость роста.

Пространственная структура популяций

Численность – общее количество особей, которое включает та или иная популяция.

Численность особей в популяции является одной из важных характеристик при экологических исследованиях. Этот показатель зависит от соотноше-

ния интенсивности размножения и смертности. Наиболее простым способом определения численности популяции является простой подсчет всех особей. Однако в природе часто подсчитать численность популяции довольно затруднительно. Поэтому в экологию введено понятие «плотность популяции».

Плотность популяции определяется как количество особей на единицу площади или объема.

Плотность популяции отличается изменчивостью и зависит от ее численности. Можно выделить три типа распределения или расселения особей внутри популяции: равномерное, случайное и групповое.

Равномерное распределение встречается редко и может наблюдаться при сильном антагонизме особей, когда вероятность нахождения одной особи рядом с другой крайне мала. Примером может служить размещение деревьев в лесу.

Случайное распределение встречается тогда, когда организмы распределены в однородной среде. Такое распределение встречается в природе не часто и характерно, например, для пауков, обитающих в лесной подстилке.

Групповое или пятнистое распределение свойственно многим организмам. Это наиболее распространенный тип распределения особей в природных популяциях.

Возрастная и половая структура популяций

Степень плодовитости и смертности популяции зависит от ее возрастной структуры. Каждой популяции свойственны группы разновозрастных особей.

В современной экологии при исследовании возрастного состава популяции обычно выделяют три экологические возрастные группы: предрепродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную.

У многих животных и растений особенно длительным бывает предрепродуктивный период. При благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы и поддерживается более или менее стабильный уровень численности.

Важной характеристикой популяций является соотношение особей разного пола, или половая структура. По типу полового размножения организмы делятся на обоеполых (гермафродитов) и раздельнополых. У последних в популяциях присутствуют самцы и самки.

Генетический механизм определения пола обеспечивает расщепление потомства по полу в отношении 1:1. Но из этого не следует, что такое же соотношение характерно для популяции в целом. В силу разной жизнеспособности мужского и женского организмов это первичное соотношение нередко отличается от вторичного и особенно от третичного – характерного для взрослых особей. Например, у человека вторичное соотношение полов составляет 100 дево-

чек на 106 мальчиков, к 16-18 годам это соотношение из-за повышенной мужской смертности выравнивается и к 50 годам составляет 85 мужчин на 100 женщин.

Кроме общей продолжительности жизни особей и периода достижения половой зрелости на половозрастной состав популяции влияет длительность периода размножения, число генераций в сезон, плодовитость и смертность разных возрастных групп.

Этологическая структура популяции

Систему взаимоотношений между членами одной популяции называют этологической, или поведенческой структурой популяции. Формы совместного существования особей в популяции разнообразны. Наиболее характерные из них приведены ниже.

Одиночный образ жизни характерен для многих видов, но лишь на определенных стадиях жизненного цикла. Поэтому абсолютно одиночного существования организмов в природе не встречается.

У видов с преимущественно одиночным образом жизни часто возникают временные скопления – в местах зимовок, в период размножения. Проживание в группе себе подобных отражается на протекании многих физиологических процессов в организме животного. Под *эффектом группы* понимают оптимизацию физиологических процессов, ведущих к повышению жизнеспособности особей при их совместном существовании.

Многие виды животных нормально развиваются только тогда, когда объединяются в довольно большие группы (например, волки, бакланы, котики и др.). Группам присущи все типичные черты популяций, но они характеризуются более высокой степенью объединения и способностью к саморегуляции численности. Одним из показателей эффекта группы является территориальность. Многие животные привязаны к определенным местам. Они метят границы своей территории, строят гнезда или жилища, выкармливают молодняк. Положительное значение территориальности заключается в том, что она предупреждает перенаселенность.

Самое сильное проявление эффекта группы свойственно общественным насекомым (пчелы, муравьи, термиты не могут жить изолированно, в одиночку). Но эти вопросы изучены еще слабо, не решен даже вопрос о том, что же является у них популяцией: семья, колония семей или другая какая-то группировка особей.

Не менее важным показателем эффекта групп служит фазовая изменчивость. Она была впервые обнаружена в 1921 году Б.П.Уваровым у саранчовых. У них четко различают две формы: одиночную и стадную.

Семейный образ жизни резко усиливает связи между родителями и их

потомством. В зависимости от того, кто из родителей берет на себя уход за потомством, различают семьи отцовского, материнского и смешанного типа.

При семейном образе жизни территориальное поведение животных выражено наиболее ярко.

Колония – групповое поселение оседлых животных может существовать как длительное время, так и возникать лишь на период размножения. Более сложная форма колонии – поселения животных, в которых отдельные их жизненные функции выполняются сообща. Это повышает вероятность выживания отдельных особей.

Некоторые общественные насекомые – пчелы, муравьи, термиты организуют сложные колонии – *семьи*, в которые насекомые выполняют сообща много основных функций. При этом члены колонии постоянно обмениваются информацией друг с другом.

Стая – временное объединение животных одного вида, связанное с общностью места обитания или размножения. Исходя из способа координации действий, стаи подразделяются на два вида: 1) без выраженного лидера; 2) с лидерами, на которых ориентируются остальные особи.

Стадо – группа диких или домашних животных одного вида, обитающая на какой-либо территории или акватории. При этом основу группового поведения животных в стадах составляют взаимоотношения доминирования – подчинения, которые обусловлены индивидуальными различиями между особями.

Полиморфизм популяций

Популяция – элементарная группа организмов определенного вида, обладающая необходимыми условиями для поддержания своей численности неопределяемо длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды.

Каждая популяция неоднородна, т.к. в своем составе слагается из особей различных возрастов, находящихся на разных стадиях развития; неполовозрелых, размножающихся и прекративших размножение самцов и самок; одиночных и стадных особей и т.д. Такое явление носит название полиморфизм популяций.

Различают следующие проявления полиморфизма популяций:

Возрастные внутрипопуляционные группы – существуют у многих видов отдельно друг от друга (т.е. наличие в популяции, или популяцией различных возрастов). Например, дальневосточные лососи, кета и горбуша образуют популяции, которых все особи имеют одинаковый возраст и такие популяции не смешиваются друг с другом. Даже внутри одной популяции камбалы можно обнаружить изолированные группы одновозрастных особей, обитающих в определенных зонах моря. У насекомых, развивающихся с метаморфозом, например, у комаров, личинки и куколки (особи предрепродуктивного возраста)

та) живут и питаются в воде, а взрослые насекомые живут в наземно-воздушной среде, причем самки питаются кровью теплокровных животных. Возрастные группировки могут отличаться и по характеру питания: гусеницы бабочек поедают ткани растений, а взрослые насекомые питаются нектаром цветков. Возрастные группировки характерны для всех животных, т.к. с возрастом у них меняется питание, водный и тепловой обмен со средой, образ жизни и т.д.

Половые группировки – формируются в популяциях на основе половых морфологических и экологических различий (половой диморфизм; различия в питании самцов и самок; обособления половых групп в период развития молодняка). Например, самцы жуков - оленей имеют видоизмененные наподобие рогов верхние челюсти, тогда как у самок они имеют типичное строение. У щитовок самки бескрылые и ведут неподвижный образ жизни, а самцы крылатые, летают. Самки иксодовых клещей питаются кровью млекопитающих и птиц, а самцы вообще не питаются и не нападают на животных и человека. Отдельно большую часть года живут самцы и самки с молодняком северного морского котика, причем самцы постоянно мигрируют, а самки с детенышами находятся на берегу. У некоторых перелетных птиц самки и самцы зимуют порознь. Значительно сложнее устроены полиморфные колонии общественных насекомых (пчелы, муравьи, термиты), но до сих пор не ясно, можно ли считать пчелиную семью, колонии муравьев и термитов популяциями.

Функциональные внутрипопуляционные группировки – связаны как с возрастными, так и с половыми различиями особей в популяции. Мальки окуня питаются преимущественно инфузориями, коловратками, фитопланктоном; сеголетки потребляют червей, веслоногих и ветвистоусых ракообразных, мальков других видов рыб; годовики - исключительно ихтиофаги. Головастики лягушек питаются исключительно водорослями, а взрослые животные - насекомыми, т.е. функциональная трофическая роль головастиков - фитофаги, а взрослые лягушки - хищники. Самцы некоторых глубоководных рыб - удильщиков настолько малы, что ведут паразитический образ жизни на теле самок, которые являются хищниками, т.е. самцы и самки неравноценны между собой по функциональному значению.

Сезонные внутрипопуляционные группировки – высшего развития достигают у насекомых. У тлей сезонный полиморфизм выражается последовательной сменой в популяции обоеполых поколений, бескрылых особей и крылатых партеногенетических самок. У дафний развитие сопровождается цикломорфозом, т.е. сезонными изменениями внешней морфологии у регулярно появляющихся партеногенетических поколений.

Фазовые группировки – яйцо, личинка, куколка, имаго.

Внутрипопуляционный генетический полиморфизм заключается в измене-

нии частоты мутаций в разные годы и сезоны. Исследование этого явления позволяет выяснить механизмы, поддерживающие динамическое состояние популяций. Полиморфизм позволяет особям популяции занимать различные экологические ниши и исключать внутрипопуляционную конкуренцию, а также усложняет и разнообразит связи организма со средой, в результате чего увеличиваются возможности для освоения арены жизни.

В жизни вида и в динамике популяций полиморфизм имеет большое значение – отдельные группы, обладая специфическими чертами, занимают различные экологические ниши и исключают тем самым внутрипопуляционную конкуренцию. При этом усложняются и становятся более разнообразными связи организма со средой. В результате организм приобретает широкие возможности для освоения арены жизни.

Динамическая характеристика популяций

Естественные популяции – динамическое единство находящихся во взаимоотношениях организмов. Динамика популяций в упрощенном варианте может быть описана такими показателями, как рождаемость и смертность. Это наиболее важные популяционные характеристики, на основании анализа которых можно судить об устойчивости и перспективном развитии популяции.

Рождаемость определяется числом особей, рожденных в популяции за определенный промежуток времени. Различают максимальную рождаемость в условиях отсутствия лимитирующих факторов. Это теоретический максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях. Реализованная рождаемость (или просто рождаемость) характеризует прирост или увеличение численности популяции при фактических или специфических условиях окружающей среды.

Реализованная рождаемость – величина переменная, она зависит от параметров популяции и специфических физических условий среды. Обычно рождаемость выражают числом особей, родившихся за некоторый промежуток времени.

Смертность – величина, обратная рождаемости. Это число погибших в популяции особей за единицу времени. При определении смертности популяции учитываются все погибшие особи независимо от причины смерти.

Для анализа роста численности популяции обычно пользуются данными, отражающими величину смертности. Для этого определяют, как смертность распределяется по возрастам.

Максимальная продолжительность жизни у разных организмов различна. Особенно высока она у растений, в частности среди древесных пород. Чемпионом среди них можно считать мамонтово дерево, леса из которых произрастают в Калифорнии. Возраст этих деревьев высотой до 85 м оценивается в 3000-5000

лет.

У животных считается, что наиболее высокой продолжительностью жизни отличается черепаха из Индийского океана. Она может жить 200-300 лет. Из крупных хищников дольше всех живут медведи – 50 лет. Среди птиц – лебеди (150-170 лет).

Популяция, как саморегулирующаяся система

Популяции обладают способностью к естественному регулированию численности. Саморегуляция – необходимое приспособление организмов для поддержания жизни в постоянно меняющихся условиях. Саморегулирование популяции осуществляются действующими в природе двумя взаимоуравновешивающимися буферными силами. Это, с одной стороны, свойственная организмам способность к размножению, а с другой стороны, зависящие от плотности популяции реакции, ограничивающие воспроизводство.

Тенденцией живых систем, в том числе и популяций, является поддержание внутренней стабильности с помощью собственных регулирующих механизмов, называется гомеостазом, а колебания численности популяций в пределах какой-то средней величины – их динамическим равновесием. Следовательно, любая популяция растений, животных и микроорганизмов – это совершенная живая система, способная к саморегуляции.

БИОЦЕНОЗЫ

Жизнь любого организма проходит среди множества других живых существ. Вступая с ними в самые разнообразные отношения, организм не способен существовать без живого окружения и эти связи обеспечивают ему нормальные условия жизнедеятельности. Таким образом, различные живые организмы образуют сообщества, в которые входят приспособленные к совместному обитанию виды.

Синэкология, или экология сообществ изучает ассоциации популяций растений, животных и микроорганизмов, образующих эти сообщества (биоценозы), пути их формирования и развития, структуру и динамику, энергетику, продуктивность.

Биоценоз - группа взаимосвязанных популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды (термин предложен К. Мебиусом в 1877 г.). Но биоценоз не может существовать независимо от среды. Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное сообществом организмов (биоценозом), называется биотопом. Биоценоз с биотопом образуют макросистему более высокого ранга - биогеоценоз.

По В. Н. Сукачеву, биогеоценоз - совокупность на известном протяже-

нии земной поверхности однородных природных явлений: атмосферы, гидрологических условий, горной породы, растительности и животного мира, микроорганизмов и почвы.

Понятие биогеоценоза почти тождественно понятию "экосистема", предложенному в 1935 г. А. Тенсли, хотя в понятии "экосистема" заключен функциональный смысл, а в понятии "биогеоценоз" - структурный.

Условно биоценоз можно расчленить на фитоценоз (сообщество растений), зооценоз (сообщество животных) и микроценоз (сообщество микроорганизмов), хотя отдельно эти компоненты существовать не могут. Человек преобразует естественные биоценозы (луга, леса) в искусственные (поля, сады), или агробиоценозы, которые отличаются небольшим количеством видов, но высокой их численностью. Агробиоценозы без постоянной поддержки со стороны человека существовать не могут, в отличие от естественных биогеоценозов, где действуют сложные регулирующие механизмы.

Совокупность влияний одних организмов на другие в сообществе называют биотическими факторами. Основной формой взаимоотношений организмов в биоценозах являются пищевые и пространственные связи, объединяющие организмы в единое целое. Основными формами биотических отношений являются:

1. Конкуренция - взаимодействие между организмами одного и разных видов, когда они используют одни и те же ресурсы окружающей среды при их недостатке (в одном водоеме не могут жить вместе узкопалый и длиннопалый раки). Гаузе вывел теорему: два одинаковых в экологическом отношении вида существовать вместе не могут.

2. Хищничество - форма межвидовых отношений, при которых одни организмы ловят, убивают и поедают других животных. Как у хищников, так и у жертв имеются приспособления (морфологические, физиологические, биохимические и др.), в результате чего численность жертв и хищников удерживается в пределах какой-то величины.

3. Паразитизм - межвидовые отношения, при которых один вид (паразит) использует другой вид (хозяина) как среду жизни и источник пищи. У хозяина может жить несколько видов паразитов, образующих сообщество - паразитоценоз.

4. Комменсализм (нахлебничество) - форма симбиоза (совместного проживания), при которой один из партнеров (комменсал) питается остатками пищи или выделениями другого (хозяина), не причиняя ему вреда. Так, мальки рыб живут среди щупалец медуз и питаются остатками их пищи.

5. Синойкия (квартиранство) - форма симбиоза, при которой совместное обитание организмов разных видов полезно для одного и безразлично для другого (усоногие раки на теле китов - эпойкия, рыба фиерасфер внутри тела

голотурии - энтоякия; мучные клещи расселяются, прикрепляясь к телу крупных насекомых - форезия; лишайники растут на стволах деревьев - эпифитность).

6. Мутуализм - форма симбиоза, взаимовыгодное сожительство разных видов (рака - отшельника и актинии, гриба и водоросли в теле лишайника).

7. Зоохория - форма взаимоотношений, при которых животные способствуют растениям в распространении семян и плодов.

8. Аллелопатия - взаимодействие организмов посредством химических продуктов обмена, выделяемых во внешнюю среду (выделения фасоли угнетают рост пшеницы).

9. Аменсализм - взаимодействия, при которых возникают неблагоприятные условия для одной или нескольких популяций других видов (плесневые грибы подавляют рост бактерий).

Между растениями бывают контактные (прямые) взаимодействия и косвенные. Первые приводят к искривлению ствола, изменению формы кроны и т. д. Косвенные осуществляются через изменение условий среды обитания (выделение фитонцидов, изменение освещенности в результате гибели соседнего дерева и т. д.).

В процессе эволюции растения и животные развивались совместно, что привело к выработке взаимных приспособлений, или коадаптаций (растения насекомоопыляемые, семеноядные, нектароядные и плодоядные животные). Поэтому многие виды растений и животных могут существовать только вместе. В тропических лесах отмечается мирмекофилия, когда сильно разросшиеся нектарники растений служат убежищем для муравьев, а они защищают растение от вредителей.

В 1923 - 1924 гг. Лотка и Вольтерра разработали математические модели взаимоотношений паразит - хозяин (Лотка) и хищник - жертва (Вольтерра). Сущность выводов Лотки: численности паразита и хозяина взаимообусловлены, по мере увеличения плотности популяции хозяина возрастает и плотность популяции паразита, а последняя приводит к снижению численности хозяина, а следовательно, и паразита. Аналогичные выводы получил Вольтерра при взаимоотношениях хищник - жертва. Гаузе (1930) установил, что хищник может полностью уничтожить свою жертву, после чего погибает и сам. В 1934 г. Гаузе установил правило конкурентного исключения, согласно которому близкородственные виды, занимающие сходные экологические ниши, не могут сосуществовать.

Типы взаимоотношений организмов в биоценозе

В биоценозах два разных вида, живущих вместе, оказывают друг на друга влияние, которое может быть благоприятным, неблагоприятным или нейтраль-

ным. При этом возможны разные типы комбинаций.

Конкуренция – межвидовые взаимоотношения, при которых популяции в борьбе за пищу, место обитания и другие условия жизни воздействуют друг на друга отрицательно. Конкуренция особенно сурова между животными, обладающими сходными экологическими потребностями. Например, несовместимы в одном водоеме широкопалый и узкопалый раки, победителем оказывается узкопалый рак как наиболее плодовитый и приспособленный к таким условиям жизни.

Хищничество – форма межвидовых взаимоотношений, при которых один вид живет за счет другого, нанося ему ущерб. Скопа – рыба, рысь – зайцы; и т.д. До недавнего времени существовало мнение, что все хищники вредные животные, их следует уничтожать. Хищник – важный фактор естественного отбора, под его прессом постоянно улучшается состав популяций, что обеспечивает их прогрессивное развитие. Следовательно, борьба между хищником и жертвой является движущей силой эволюции как хищника, так и жертва.

Паразитизм – межвидовые взаимоотношения, при которых один вид живет за счет другого (хозяин) поселяясь внутри или на поверхности его тела. Паразитизм представляет собой своего рода сожительство.

Комменсализм (нахлебничество) взаимоотношения на базе пищевых связей, при которых один из партнеров извлекает выгоду, а для другого они безразличны (рак-отшельник, рыбки около млекопитающих, птицы).

Квартирантство (синойкия) пространственное сожительство, полезное для одного вида и безразличное для другого, например, мелкие организмы поселяются на крупных, используя их как субстрат (прилипала на теле акулы, раки на крабах, акулах, китах).

Симбиоз (мутуализм) - обоюдовыгодное сожительство разных видов (рак-отшельник и актиния, муравьи и тли, лишайники – симбиоз между водорослями и грибами, микориза грибов).

Биологические связи животных и растений

Растения и животные, автотрофы и гетеротрофы с момента возникновения развиваются совместно, проходят свой эволюционный путь в тесном контакте и взаимосвязи. В процессе эволюции у различных видов растений и животных выработались взаимные приспособления друг к другу, то есть *коадаптации*. Они бывают столь прочными, что раздельно жить в современных условиях указанные виды уже не могут. Примером глубоких взаимных приспособлений могут служить опыляемые насекомыми растения и насекомые-опылители. Растения сыграли большую роль во взаимоотношениях с животными. Именно в процессе сопряженной эволюции определились группы животных со специализированным питанием: плотоядные, зерноядные, травоядные,

питающиеся нектаром и т.д., как видно первостепенное значение в биотических связях имеют трофические связи. Растения служат пищей для большой группы животных – фитофагов и тем самым определяют их численность, географическое распространение и распределение по местам обитания (практически все организмы за исключением хищников и паразитов питаются растительной пищей). Есть еще специализированные группы сапрофагов, питающихся разлагающимися органическими веществами, а также копрофагов, питающихся экскрементами животных.

В определенные периоды жизни растительную пищу употребляют и плотоядные животные (медведи, лисы, насекомоядные птицы (дятлы)). В связи с приуроченностью к тому или иному виду пищи у различных групп животных выработались морфофизиологические и экологические признаки. Так, например, питание трудноперевариваемой пищей (клетчаткой) привело к удлинению кишечника, сформировался сложный желудок жвачных, где вдобавок поселились инфузории-симбионты, способствующие усвоению клетчатки.

Велика роль животных в опылении растений, в настоящее время до 80 % видов покрытосеменных растений опыляется насекомыми, птицами.

Не менее важна роль животных в распространении растений (семян и спор). Распространителями являются птицы, грызуны, белки, муравьи. Многие копытные также являются распространителями семян растений. Семена растений, попадая в пищеварительный тракт, сохраняют жизнеспособность и в результате транспортируются на большие расстояния. Подсчитано, что при внесении 60т/га конского навоза, вносится 700 тысяч семян различных растений.

В любом биогеоценозе между количеством и качеством животного населения и растительности должна быть определенная пропорция. Если увеличивается количество фитофагов, они уничтожают больше растений и, в конце концов, обрекают самих себя на гибель. В природе исторически выработались и функционируют механизмы, поддерживающие наиболее выгодные количественные соотношения численности травоядных животных и растений, служащих им пищей.

Структура биоценозов

Для организмов каждого вида характерно определенное местообитание - место, где они живут, встречаются. Более широко трактуется это понятие как экологическая ниша (Джозеф Гриннелл, 1917). Сначала она понималась как единица распределения, в пределах которой вид удерживают его структурные и инстинктивные ограничения. Позже Ч.Элтон (1928) развил представление о нише вида, обосновав его функциональную роль в сообществе. В 1957 г. Г. Хатчинсон показал, что экологическую нишу можно рассматривать как некоторое экологическое пространство (по Хатчинсону гиперпространство), в котором

условия среды определяют неограниченно долгое существование особей вида. При этом автор различает фундаментальную (потенциальную) нишу - наибольшее гиперпространство, способное заселяться видом в отсутствии конкуренции, и реализованную (реальную) нишу - меньшее гиперпространство, занимаемое им в условиях биотических ограничений, т.е. часть потенциальной ниши. Например, бокоплав *Gammarus duebeni*, населяющий в Великобритании только солоноватые воды, в Ирландии, в силу вытеснения близкими видами, живет и в пресной воде, где занял экологическую нишу *Gammarus pulex*.

Ю. Одум (1975) включает в понятие "экологическая ниша" физическое пространство, занимаемое организмом, его функциональную роль в сообществе и положение относительно градиентов факторов внешней среды. Как образно выражается Ю. Одум, местообитание - это как бы "адрес" организма, а экологическая ниша - его биологическая "профессия". Ученый выделяет три аспекта экологической ниши: пространственную, трофическую и многомерную (гиперобъем). Вместе с тем ниша - это совокупность всех условий, необходимых для существования вида, его неограниченного сохранения во времени и пространстве. Совокупность всех ресурсов, необходимых для обеспечения какой-либо отдельной функции организмов данного вида, называют частной нишей. Таким образом, понятие экологическая ниша абстрактное, включающая совокупность всех факторов среды, необходимых организму для жизни, определяется его морфологической, физиологической и поведенческой приспособленностью к ним.

Разные в систематическом отношении виды могут занимать одни и те же экологические ниши: травянистая степная растительность Австралии состоит из совершенно других видов, чем травянистая растительность степей Европы, но как продуценты в своих экосистемах они выполняют аналогичные функции, т.е. являются экологическими эквивалентами. Это касается также антилоп Африки и кенгуру Австралии.

Бывает и наоборот - одному виду в разных биоценозах свойственны различные экологические ниши: короед - типограф в Сибири и европейской части является вредителем ели, а на Кавказе - сосны.

Близкие в систематическом отношении виды в одном биоценозе часто занимают разные экологические ниши, что приводит к уменьшению конкуренции между ними: в одном водоеме клопы гладыши ведут хищный образ жизни, а гребляки питаются мертвыми и разлагающимися организмами.

Один и тот же вид в разные периоды развития может занимать различные экологические ниши: головастик питается растительной пищей, а взрослая лягушка - плотоядное животное. Среди водорослей имеются виды, которые функционируют то как автотрофы, то как гетеротрофы. В лесу растения разных ярусов занимают различные экологические ниши.

Таким образом, экологическая ниша вида - это положение, которое вид занимает в системе биоценоза, комплекс его связей и требований к факторам среды.

Разграничение экологических ниш, сходных в трофическом отношении видов, достигается несколькими путями:

Размерная дифференциация видов. Известно, что хищники одной систематической группы, обладающие сходными нишами, различаются своими размерами, также размерами своих жертв. Например, среди ястребов более крупные виды поедают и более крупных жертв.

Пространственная дифференциация. При совместном обитании трех видов пестрых дятлов каждый из них связан с определенной частью дерева. Большой пестрый дятел питается на стволах, средний - на больших ветках, а малый - на мелких ветках в кроне.

Поведенческая дифференциация. Ласточки и летучие мыши, питающиеся насекомыми, избегают конкуренции и перекрывания экологических ниш друг друга в результате различий во времени активности.

Для характеристики ниши используют два измерения - ширину и ее перекрывание с соседними нишами. Показатели "ширины ниши" могут служить длина и толщина клюва у птиц, т.е. чем больше коэффициент вариации толщины клювов, тем большая ширина экологической ниши им свойственна.

Мак - Артур (1968) отметил сходство экологического термина "ниша" и генетического термина "фенотип" (неопределенное число признаков, общность переменных, установление различий между видами).

Термин "экологическая ниша" следует отличать от термина "гильдия". Первый применим к конкретным видам организмов, тогда как второй применяется по отношению к группе видов с одинаковой ролью в сообществе. Примерами гильдий служат улитки, живущие в листовой опаре: лианы, проникающие в полог тропического леса; ястребы, питающиеся живой добычей.

С понятием экологической ниши тесно связано представление о насыщенных и ненасыщенных биоценозах. Насыщенные биоценозы представляют собой экосистемы, в которых жизненные ресурсы используются наиболее полно. Когда они используются лишь частично, биоценозы называют ненасыщенными. Для них характерно наличие свободных экологических ниш. Но ниши не могут существовать сами по себе, без участия занимающих их видов, поэтому такое подразделение весьма условно.

Видовая структура. Каждый конкретный биоценоз характеризуется строго определенным видовым составом. Типичной характеристикой биоценоза является относительно малое количество видов, особи которых встречаются часто. И, наоборот, в каждом биоценозе есть много видов с небольшим числом особей. Например, в лесу, состоящем из десятков видов растений, только 1 или

2 из них дают до 90 % древесины. Эти виды называют доминирующими, они занимают господствующее положение в биоценозе. Виды, живущие за счет доминантов, получили название преобладающих, например, в дубраве таковыми являются насекомые, птицы (сойки), грызуны.

В биоценозе есть и так называемые «эдификаторы». Это строители сообщества, то есть виды, создающие условия для жизни других видов данного биоценоза. Все виды, слагающие биоценоз, связаны с доминирующими видами и эдификаторами. Внутри биоценоза формируются более или менее тесные группировки, комплексы популяций, зависящие от растений-эдификаторов. Так создаются своеобразные структурные единицы биоценоза – консорции.

Консорция – это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биогеоценоза трофически или топически связана с центральным видом – автотрофным растением, обычно в роли центрального вида выступает эдификатор – основной вид, определяющий особенности биоценоза.

Популяции остальных видов консорции образуют ее ядро, за счет которого существуют виды, разрушающие органическое вещество, создаваемое автотрофами. Примером консорции может служить растение со всеми связанными с ним организмами (паразиты, вредители, симбионты).

Видовая структура биоценоза характеризуется не только числом видов, входящих в его состав, то есть видовым разнообразием, но и их количественным соотношением.

Пространственная структура. В ходе эволюции, приспособляясь к определенным абиотическим и биотическим условиям, живые организмы так разместились в биогеоценозе, что практически не мешают друг другу, то есть их распределение носит ярусный характер. Пространственная структура определяется сложением фитоценоза, подразделяющегося на вертикальные слои (ярусы). Ярусность – это явление вертикального расслоения биоценоза на разновысокие структурные части. В смешанном лесу выделяют 6 ярусов: I – деревья первой величины (сосна, ель); II – деревья второй величины (рябина, береза); III – подлесок из кустарников (шиповник); IV – подлесок из высоких кустарничков и трав (вереск, иван – чай); V – низкие кустарнички и травы (клюква, кислица); VI – мхи, лишайники. Ярусно располагаются и подземные корни растений. Для каждого яруса в биоценозе характерен свой состав животных. Такие горизонтально расположенные структурные части биоценоза получили название синузид, а очень сильно различающиеся по видовому составу яруса называют парцеллами.

Экологическая структура. Каждый биоценоз складывается из определенных экологических групп организмов. Эти группы, занимая сходные экологические ниши в разных биоценозах, могут иметь неодинаковый видовой состав, напри-

мер, в сухих условиях доминируют склерофиты и суккуленты, а на увлажненных территориях - гигрофиты.

Таким образом, экологическая структура биоценоза – это его состав из групп организмов, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции.

Экологическая структура биоценоза в комплексе с видовой и пространственной, а также с особенностями экологической ниши, служит макроскопической его характеристикой, которая дает возможность определить свойства того или иного биоценоза, выяснить его устойчивость во времени и пространстве, а также предвидеть последствия изменений, вызванных влиянием антропогенных факторов.

Простые и сложные биоценозы

На основании взаимоотношений видов в популяциях биоценозы подразделяются на сложные и простые.

Многоярусные биоценозы, состоящие из большого количества популяций многих видов растений, животных и микроорганизмов, связанных между собой разнообразными пищевыми и пространственными отношениями, называют сложными. Сложные биоценозы наиболее устойчивы к неблагоприятным воздействиям. Исчезновение отдельных видов существенно не отражается на судьбе таких биоценозов, при этом происходит лишь незначительная перестройка их организации. В сложных биоценозах, например, тропических лесов, никогда не наблюдается вспышек массового размножения отдельных видов.

Для простых, например, тундровых биоценозов, характерны сильные подъемы численности леммингов, падение или взлеты численности песцов и животных, оказывающих существенное влияние на растительный покров. Объясняется это тем, что в упрощенном тундровом биоценозе не хватает видов, которые при необходимости могли бы заменить основной вид и выступить в качестве корма для хищников.

Потоки вещества и энергии в экосистеме. Цепи и циклы питания

Поток вещества – перемещение последнего в форме химических элементов и их соединений от продуцентов к редуцентам (через консументов или без них).

Поток энергии – переход энергии в виде химических связей органических соединений по цепям питания от одного трофического уровня к другому (более высокому).

В отличие от веществ, которые постоянно циркулируют по разным блокам экосистемы и всегда могут вновь входить в круговорот, поступившая энергия может быть использована один раз.

Как универсальное явление природы, односторонний приток энергии обусловлен действием законов термодинамики, согласно которым:

- энергия может переходить из одной формы (энергии света) в другую (потенциальную энергию пищи), но она никогда не создается вновь и не исчезает бесследно,
- не может быть ни одного процесса, связанного с превращением энергии, без потери некоторой ее части.

Таким образом, функционирование всех экосистем определяется постоянным притоком энергии, которая необходима всем организмам для поддержания их существования и самовоспроизведения.

Как уже отмечалось, между организмами биоценоза устанавливаются прочные, пищевые взаимоотношения или цепи питания. Они и объединяют прямо или косвенно большую группу организмов в единый комплекс. Цепь питания обычно состоит из трех основных звеньев – продуценты – консументы – редуценты. В каждой цепи питания формируются определенные трофические уровни, характеризующиеся различной интенсивностью протекания потока веществ и энергии. Зеленые растения – создатели органического вещества – образуют первый трофический уровень, фитофаги – второй, плотоядные животные – третий и т.д.

Цепи питания, которые начинаются с фотосинтезирующих организмов, называют цепями выедания (или пастбищными), а цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных – детритными цепями.

Место каждого звена в цепи питания называют трофическим уровнем.

Все звенья цепи питания взаимосвязаны и взаимозависимы. Между ними, от первого к последнему, осуществляется передача веществ и энергии. При передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря. В результате цепь питания не может быть длинной, чаще она состоит из 4-6 звеньев. Однако такие цепи в чистом виде обычно не встречаются, поскольку одни и те же виды могут быть одновременно в разных звеньях. Это происходит, потому что монофагов в природе чрезвычайно мало, чаще встречаются олигофаги и полифаги.

Рассмотрим, к примеру, цепь питания, основным звеном которой является капуста. Следующим звеном в ней будут гусеницы белянки, моли, совки, зайцы, то есть все животные питающиеся капустой. Следовательно, капуста выступает основным звеном многих цепей, поскольку от последующего звена тянутся еще цепи. Так, заяц, поедая разные растения, входит как консумент первого порядка в большое количество цепей питания. Хищники также питаются различными растительноядными и плотоядными животными, а потому являются звеньями многих цепей.

Подобные общие звенья связывают цепи питания в сложную систему. В результате в каждом биоценозе формируются комплексы цепей питания, представляющие собой единое целое. Так создаются циклы, или сети питания, которые отличаются большой сложностью

Таким образом, можно сделать вывод, что пищевая цепь – основной канал переноса энергии в сообществе.

На рис.1 показана схема переноса энергии между продуцентами, консументами и редуцентами.

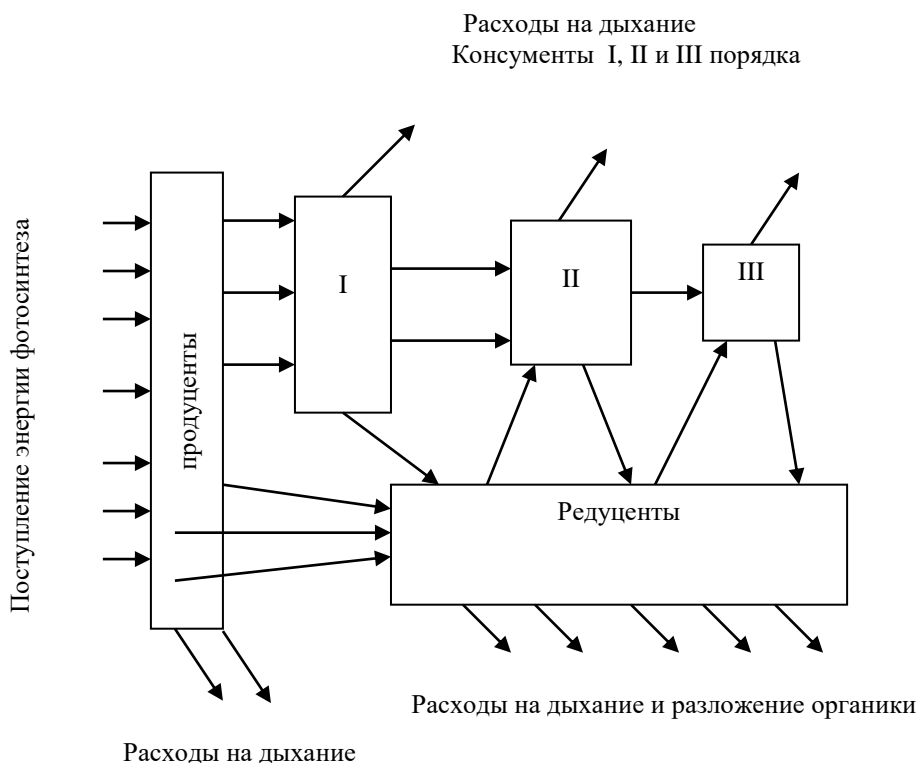


Рисунок – 1. Поток энергии в природном сообществе

Экологическая пирамида

В любой цепи питания не вся пища используется на рост особи, то есть на накопление биомассы. Часть ее расходуется на удовлетворение энергетических затрат организма: на дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела. При этом биомасса одного звена не может быть переработана последующим полностью. В противном случае исчезли бы ресурсы для развития живой материи. В каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы по сравнению с предыдущим. Обычно, чем больше масса начального звена, тем она больше в последующих звеньях. Это касается не

только биомассы, но и численности особей и потока энергии. Данное явление изучено и названо пирамидой чисел, или пирамидой Элтона. Различают пирамиду численности (особей), пирамиду биомассы и пирамиду энергии.

В тех трофических цепях, где передача происходит в основном через связи «хищник-жертва», справедливо правило пирамиды чисел: общее число особей, которые участвуют в цепях питания, с каждым последующим звеном уменьшается.

Всем экосистемам отвечают определенные соотношения первичной и вторичной продукции, называемые правилом пирамиды продукции: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на предыдущем.

Пирамида энергии более точно отображает трофические связи организмов, поскольку она характеризует скорость возобновления биомассы. Пирамиды потоков энергии никогда не бывают «перевернутыми»: следующий трофический уровень может «пропустить через себя» лишь часть энергии, усвоенной предыдущим уровнем.

Основание пирамиды образуют растения-продуценты. Над ними располагаются фитофаги, следующее звено представлено консументами II порядка, затем III порядка и так до вершины пирамиды, которую составляют наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи. И поскольку на верхние этажи пирамиды энергии доходит в очень малых количествах, цепь редко состоит из 4-5 звеньев.

Ю. Одум сделал расчеты потока энергии от звена к звену в упрощенной теоретической экосистеме, сведя ее к одной примитивной цепи, функционирующей в течение года. Он рассуждал так, допустим, имеется посев люцерны на площади в 4 га. На этом поле кормятся телята (предполагается, что они едят только люцерну), а телятиной питается 12-летний мальчик. Результаты расчетов представлены в виде 3-х пирамид – численности биомассы и энергии, свидетельствуют, что люцерна использует всего 0,24 % всей падающей на поле солнечной энергии, из которой 8 % приходится на телят; 0,7 % энергии, накопленной телятами, расходуется на развитие и рост ребенка с 12 до 13 лет. Несмотря на то, что рассматриваемая схема искусственна, она дает четкое представление о масштабах снижения КПД по мере перехода от основного звена в пирамиде к ее вершине: из всей солнечной энергии, падающей на 4 га люцернового поля, лишь немногим больше миллионной части ее хватает на пропитание мальчика в течение года.

Правило пирамиды чисел универсально и объективно отражает круговорот веществ и поток энергии в биосфере. В масштабе всей биосферы это правило никогда не нарушается.

Биологическая продуктивность.

Биологическая продуктивность – это воспроизведение биомассы растений микроорганизмов и животных, входящих в состав биогеоценозов. Этот процесс протекает в природе с определенной скоростью, поэтому биологическую продуктивность можно выразить продукцией за сезон, за год, за любую другую единицу времени. Биологическую продуктивность нельзя смешивать с биомассой. Например, за год планктонные водоросли на единицу площади синтезируют столько же органического вещества, сколько и высокопродуктивные леса, однако биомасса последних, в сотни тысяч раз больше.

Органическое вещество, создаваемое продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза, называют первичной продукцией экосистемы. Первичной продукцией определяется общий поток энергии через биотический компонент экосистемы.

Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами, называется вторичной продукцией. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня.

Практически вся чистая первичная продукция Земли служит для поддержания жизни всех гетеротрофных организмов. Питание людей большей частью обеспечивается сельскохозяйственными культурами. Годовой прирост культурных растений равен примерно 16 % от всей продуктивности суши. Половина урожая идет непосредственно на питание людей, остальное – на корм домашним животным, используется в промышленности и теряется в отходах. Всего человек потребляет около 0,2 % первичной продукции Земли. Однако особенно трудно обеспечить население вторичной продукцией. В рацион человека должно входить не менее 30 г белков в день. Поэтому увеличение биологической продуктивности экосистем и особенно вторичной продукции является одной из основных задач, стоящих перед человечеством.

Динамика и стабильность экосистем

Одной из характерных особенностей биоценозов является их суточная и годовая динамика. В каждом естественном биоценозе имеются группы организмов активность жизни, которых выпадает на разное время суток. Одни активны ночью, а днем пассивны, другие наоборот. У растений в течение суток также изменяются интенсивность и характер физиологических процессов, в ночные часы не происходит фотосинтез, у некоторых цветки раскрываются только ночью и опыляются ночными животными.

Большое значение в динамике биоценозов имеют суточные миграции животных, например, зоо- и фитопланктон днем держится на глубине 100 – 200 м, а ночью поднимается к поверхности.

Более существенные отклонения в биоценозах наблюдаются при сезонной

динамике. Они обусловлены биологическими циклами организмов, зависящими от сезонной цикличности природных явлений. Смена времен года оказывает значительное влияние на жизнедеятельность растений и животных (периоды цветения, плодоношения, активного роста, листопада и зимнего покоя у растений; спячка, зимний сон, диапауза и миграции у животных).

Агроценозы

Благодаря деятельности человека на землях сельскохозяйственного пользования возникают особые биоценозы, называемые агроценозами. Агроэкосистемы (агроценозы) отличаются от естественных экосистем следующими функциональными особенностями:

- получением, наряду с космической, дополнительной антропогенной энергии в виде удобрений, пестицидов, механизации, поливной воды, труда и др.;
- искусственным отбором и культурой более продуктивных растений и животных и на их основе новых разновидностей, гибридов и видов;
- пониженным разнообразием организмов;
- практически полным удалением человеком с полей чистой первичной продукции, которая не поступает в цепи питания.

Чаще всего посеы представлены одним видом, даже одним сортом, они являются монокультурными при максимальном выходе одного продукта, а значит, обладают меньшей приспособленностью и пониженной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды (засуха, морозы, и др.).

Ю.Одум разделяет агроэкосистемы на два типа:

- агроэкосистемы до индустриального периода с дополнительной энергией в виде мышечных усилий человека и животных;
- интенсивные механизированные агроэкосистемы с крупными энергетическими дотациями в форме топлива, химикатов, работы машин и пр.

Все агроценозы – поля, огороды, сады, культурные пастбища и т.д. – с позиции экологии специально поддерживаются человеком на начальных стадиях формирования агроэкосистемы, поскольку это молодая стадия сукцессии дает наиболее чистую продукцию. Приемами агротехники все конкурентные виды уничтожаются как сорняки, пищевые цепи в виде вредителей истребляются. В результате вмешательства человека в процессы, идущие в экосистеме, в ее функционировании возникают определенные помехи, поэтому и создаются агроэкосистемы, не способные к самовозобновлению, саморегулированию и крайне неустойчивые. Они постоянно находятся под угрозой гибели от массовой вспышки вредителей, болезней, от засухи или переувлажнения.

Антропогенное вмешательство вызывает соответствующие помехи в механизмах передачи обратных связей между биологическими компонентами эко-

системы, но только неустанная забота о них со стороны человека позволяет им существовать. Несмотря на все принимаемые меры, в этих экосистемах бывают катастрофы.

Для создания высокопродуктивной и устойчивой экосистемы необходимо поддерживать максимально возможное многообразие биогеоценозов, создавая оптимальный ландшафт. Агроценозы должны быть разнообразны и содержать такие компоненты, как лесные полосы, перелески, живые изгороди. Все неудобные земли рекомендуют использовать под зеленые насаждения, парки. Среди высокопродуктивных агроценозов следует сохранять как можно больше природных участков различного масштаба с нетронутыми естественными биогеоценозами с их богатым биологическим разнообразием, где с максимальной полнотой осуществляется биотический круговорот веществ и охраняется ценный генофонд.

Экологические сукцессии

Любой биоценоз не может существовать неограниченно долго, так как под влиянием жизнедеятельности организмов происходят изменения, благоприятные для одних видов и неблагоприятные для других. В результате на данном месте развивается другой биоценоз, более приспособленный к новым условиям.

Последовательная направленная, чаще необратимая смена одного биоценоза другим называется экологической сукцессией. Последовательность сменяющихся в ходе сукцессии сообществ называется серией, а завершающую стадию - климаксом, или климаксным сообществом.

Если сукцессия протекает в результате внутренних процессов в сообществе (превращение озера в болото в результате накопления органики), то ее называют автогенной; если решающую роль играют внешние воздействия (например, лесные пожары) - аллогенной.

Если в ходе сукцессии валовой продукции образуется больше, чем затрачивается на дыхание ($P > R$), то говорят об автотрофной сукцессии (при такой сукцессии в сообществе преобладают автотрофы). Напротив, если сукцессия начинается с состояния $P < R$, то это гетеротрофная сукцессия (в сообществе преобладают гетеротрофы).

Сущность автотрофной сукцессии хорошо описана Марголефом. Например, в колбе со старой культурой водорослей имеется большое количество видов диатомовых, зеленых, жгутиковых, перединиевых водорослей. Столь же велико и биохимическое богатство пигментов. Количество энергии, поглощаемой и рассеиваемой водорослями почти одинаково, а их прирост по отношению к биомассе мал. Если в колбу добавить свежей среды, то картина меняется. В культуре начинают преобладать несколько видов водорослей, сни-

жается разнообразие растительных пигментов и увеличивается прирост биомассы. Количество рассеиваемой энергии уменьшается, а ассимилируемой - повышается. В последующем по мере старения культуры все перечисленные показатели меняются, приближаясь к тем, какими характеризовалась старая культура. Через несколько недель сериальные изменения заканчиваются - достигается стадия климакса.

Моделью гетеротрофной сукцессии может служить колба с санным настоем. Вначале в ней развиваются гетеротрофные бактерии, затем появляются простейшие, в первую очередь инфузории, и другие животные. После значительного снижения концентрации в воде органических веществ в культуре появляются водоросли. Их число и разнообразие постепенно возрастает, процессы фотосинтеза усиливаются и, наконец начинают уравнивать затраты энергии на дыхание. Достигается состояние, напоминающее климакс природных гидробиоценозов.

Если сукцессия начинается на лишенном жизни месте (на потоке застывшей лавы), то ее называют первичной. Вторичная сукцессия начинается на месте ранее существовавшего сообщества (на заброшенном поле злаковых культур). Например, на скалах в ходе первичной сукцессии первыми появляются различные виды цианобактерий и лишайников (пионерные виды), сменяя друг друга. В ходе этого процесса накапливаются их отмершие части (органика), постепенно формирующие слой гумуса, а также происходит разрушение горных пород. Это приводит к образованию почвы, изменению микроклимата. В дальнейшем на данном месте появляются мхи, травы, деревья. Так продолжается многие тысячи лет, поэтому первичные сукцессии занимают весьма длительный период. Типичным примером автогенной первичной сукцессии является Баденское озеро (возраст 12 000 лет), которое через такое же время прекратит свое существование в ходе естественной сукцессии.

Таким образом, наиболее типичными чертами первичных сукцессий являются:

- 1) возникновение пространства, не занятого живыми организмами;
- 2) миграция (занос) на это пространство живых организмов;
- 3) приживание живых организмов на данной территории;
- 4) конкуренция и вытеснение (замещение) одних видов другими;
- 5) преобразование местообитания, стабилизация условий обитания и отношений между организмами данного сообщества.

Иногда протекают деструктивные сукцессии, не завершающиеся климаксным сообществом. Примером может служить труп животного. При разложении трупа наблюдаются 6 стадий сукцессии. Для каждой из них характерна своя фауна насекомых, которые в сумме образуют биоценоз трупа. Однако климаксное сообщество здесь не возникает, т.к. этот биоценоз полностью рас-

падает, когда труп съеден).

Вторичные сукцессии протекают значительно быстрее, а, следовательно, быстрее приводят к образованию климаксного сообщества. В результате вторичных сукцессий могут возникать сообщества, отличимые от климаксных, характерных для данной местности и называемых дисклимаксными. Примером вторичной сукцессии может служить изменение растительного сообщества сосняка в Березинском заповеднике на двухлетней вырубке. После вырубки число видов травянистых растений увеличивается в 1,7 раза по сравнению с ненарушенными участками того же леса. Обильно развиваются овсяница, щавель, брусника. К пятому году видовой состав изменяется незначительно, однако доминирующими видами становятся вейник и вереск. К десятому году видовой состав травянистых растений обедняется в 2,4 раза, а доминирующим видом становится вереск. Таким образом, разнотравное сообщество сменяется на вересковое.

Ведущие направления сукцессий: от первичных стадий к климаксу или от юных к старым сообществам.

Изменения в сообществах происходят на разных структурных уровнях: видовой, органической, а также в метаболизме экосистемы.

I. Видовая структура экосистемы:

- 1) видовой состав меняется вначале быстро, затем более медленно;
- 2) численность автотрофов увеличивается в первичных и вначале вторичных сукцессий, снижаясь на стадиях старения;
- 3) число видов гетеротрофов растет до относительно поздней стадии серии;
- 4) видовое разнообразие поначалу увеличивается, затем стабилизируется и снижается на стадиях старения.

II. Органическая структура экосистемы:

- 1) общая биомасса увеличивается;
- 2) объем мертвого органического вещества увеличивается;
- 3) количество хлорофилла растет в течение ранней фазы первичной сукцессии; нет прироста или он мал во время вторичной сукцессии;
- 4) пигментное разнообразие увеличивается на первых стадиях серии.

III. Метаболизм сообщества:

- 1) пищевые цепи становятся более сложными;
- 2) общая продуктивность увеличивается на ранней фазе первичной сукцессии; слабо увеличивается или не увеличивается во время вторичной сукцессии;
- 3) чистая продуктивность сообщества снижается;
- 4) дыхание сообщества увеличивается;
- 5) соотношение продукция/дыхание изменяется от $P > R$ до $P = R$.

Особенности сукцессий:

1) происходят в направлении смены видов, отличающихся быстрым ростом и большой выносливостью (r-стратегии), видами с медленным ростом и высокой конкурентоспособностью (K-стратегии);

2) сукцессионные виды своей структурой и деятельностью изменяют окружающую среду, нередко погибая и на благо других видов;

3) климаксное сообщество не есть что-то единое - в каждом данном месте представляет собой одну из точек в ряду климаксных формаций;

4) климакс может представлять собой изменчивую мозаику сукцессионных стадий.

Таким образом, продуктивность сообщества на начальных стадиях сукцессии превышает дыхание, в результате чего увеличивается биомасса. По мере приближения сообщества к климаксному состоянию, продуктивность, достигнув максимума, снижается. В климаксном биоценозе продуктивность равна дыханию, т. е. все созданные органические вещества используются, вследствие чего чистая продукция остается невысокой.

Каждая сукцессия завершается климаксом (теория Клементса, 1916). Ее автор предполагал, что для каждой климатической области характерен лишь один тип климакса (климатический, или региональный климакс). Сейчас выделяют также локальные (эдафические) климаксы, соответствующие особым условиям субстрата (рельефу, почве, водному режиму и т. д.), когда регулярные внешние воздействия препятствуют развитию экосистемы до теоретически конечного климакса.

Являясь конечной стадией сукцессии, климаксное сообщество теоретически должно существовать неограниченно долго. Но это не так. Существуют преходящие климаксы. Они наблюдаются во временных водоемах, пересыхающих летом. В результате большая часть членов сообщества погибает. Однако при благоприятных условиях снова идет сукцессия за счет переселенцев, спор, яиц, цист. В некоторых сообществах возможны циклические климаксы. На альпийских лугах во влажных впадинах поселяются осоки. В результате образуются небольшие кочки, заселенные растениями и беспозвоночными. Накапливается торф, который поглощает воду и зимой кочки выталкиваются из-под снега. Растения гибнут, ветровая эрозия разрушает кочки и цикл повторяется.

Климаксное состояние сообщества не бывает постоянным, устоявшимся. Поэтому термин "климакс" условен в смысле приобретения биоценозом определенной замедленности в развитии, т. к. даже при кажущейся неизменности, в биоценозе протекают процессы, подготавливающие его к сукцессии. Критериями климаксного сообщества служат видовой состав, отношение продукция/дыхание, время оборота и т. д.

4. БИОСФЕРА

Общее представление о геосферах

Для изучения биосферы, как особой оболочки земного шара, целесообразно предварительно ознакомиться со строением Земли.

При описании Земли выделяют *геосферы* – концентрические оболочки планеты различной плотности и химического состава. От периферии к центру Земли различают магнитосферу, атмосферу, гидросферу, земную кору, мантию Земли и ядро Земли.

Магнитосфера Земли – область околоземного пространства, граница которой определяется равенством давления магнитного поля Земли и динамического давления солнечного ветра. Она реагирует на проявления солнечной активности, сопровождающейся изменениями в солнечном ветре и его магнитном поле (магнитные бури).

Атмосфера – газовая оболочка Земли, которая удерживается планетой посредством силы тяжести и принимает участие в ее суточном и годовом вращении. Она состоит из смеси газов, водяных паров и пыли. Она делится на слои: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу, которые отличаются температурой, ионизацией молекул и другими параметрами. Между атмосферой и земной поверхностью происходит постоянный обмен теплом и влагой, что влияет на основные климатообразующие процессы. Атмосфера является активным участником физических процессов, которые протекают на суше и в верхних слоях водоемов.

Гидросфера – прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и земной корой. Она включает в себя совокупность всех вод планеты: материковых, океанических и атмосферных.

Земная кора – твердая внешняя оболочка Земли. Верхняя часть земной коры – осадочный слой, состоит из осадочных пород, средняя – «гранитный» слой, нижняя – «базальтовый» слой. Под земной корой располагается *мантия*, которая состоит преимущественно из тяжелых металлов, богатых магнием и железом.

Земная кора и верхняя часть мантии Земли составляют литосферу.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, ограниченная сверху атмосферой и гидросферой. Процесс преобразования литосферы живыми организмами привел к образованию почвы.

Ядро Земли – наиболее плотная центральная часть Земли. Предполагают, что по химическому составу вещество ядра сходно с веществом мантии Земли, но находится в металлическом состоянии.

Состав и границы биосферы

Биосфера (греч. Био - жизнь, сфера - шар) - область существования и функционирования живого вещества и само это вещество. Для существования биосферы необходимы такие условия, как наличие воды в жидком состоянии и наличие лучистой энергии солнца, которая используется для синтеза биомолекул в процессе фотосинтеза.

Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, тропосферу и гидросферу и верхние горизонты литосферы.

Верхняя граница распространения жизни в атмосфере определяется губительным действием солнечной радиации. Она проходит на высоте 20-25 км и ограничена слоем озона, который задерживает губительную для жизни коротковолновую часть ультрафиолетового излучения Солнца. Но область распространения живых организмов ограничена в основном тропосферой (например, верхняя граница полета орлов находится на высоте 7 км, растения в горных системах и насекомые в воздушной среде не распространяются выше 6 км. Верхняя граница постоянного обитания человека - 5 км, обрабатываемых им земель - 4,5 км, леса в горных системах тропиков не растут выше 4 км).

Живые организмы существуют, но не размножаются до верхней границы стратосферы (споры, микроорганизмы).

В состав биосферы полностью включается гидросфера - водная оболочка Земли. В гидросфере организмы проникают на всю глубину мирового океана (10-11 км), но наибольшая концентрация наблюдается в поверхностных слоях, куда проникает солнечный свет, обычно ее глубина не превышает 200 м в морях и континентальных пресноводных бассейнах. Здесь возможен фотосинтез и продуцируется первичная биологическая продукция.

В литосфере жизнь встречается на глубине 2-3 км (иногда указывают ученые 3,5-7,5 км), что обусловлено температурой земных недр и уровнем проникновения воды в жидком состоянии.

Более всего населена поверхность суши и океана. Величина биомассы (общая численность живых организмов) для всей планеты оценивается в 3×10^{12} т, при этом 95 % этой величины - растения и 5 % - животные.

Наиболее густое скопление живых организмов В.И.Вернадский назвал "пленками жизни". На суше это почва и растительный покров, его животный мир, а в мировом океане - планктонный поверхностный слой. В этих слоях наиболее благоприятные условия для образования и развития организмов в тех формах, которые существуют на земле.

Учение В.И. Вернадского о биосфере

Впервые термин "биосфера" ввел в научный обиход великий натуралист и мыслитель Жан Батист Ламарк (1744-1829).

В 1875 г. знаменитый австрийский биолог Э. Зюсс ввел это понятие в науку повторно, назвав так живую оболочку земли.

Более глубокое и широкое представление о биосфере встречается у В.И.Вернадского (1863-1945). Учение о биосфере является одним из крупнейших его обобщений в области естественных наук. Основные идеи В.И.Вернадского по проблемам биосферы были опубликованы в книге “Биосфера”, которая вышла в 1926 г. После книги различные стороны учений о биосфере рассматривались им во многих статьях и в большой, опубликованной через 20 лет после его смерти, монографии “Химическое строение биосферы Земли и ее окружение” (1965), которую он назвал главной книгой жизни.

В.И.Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, основа которой - взаимодействие живого и косного вещества. Сущность его учения в том, что “на земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом”. Организмы представляют живое вещество, т.е. совокупность всех живых организмов, в данный момент существующих. Границы биосферы - это границы распространения жизни на планете. “Пределы биосферы - писал В.И.Вернадский - обусловлены, прежде всего, полем существования жизни”. Вернадский в своих исследованиях показал, что биосфера - это единая открытая динамическая система, созданная, постоянно преобразуемая и регулируемая живыми организмами. Все ее компоненты связаны между собой и с неживой природой сложными биогеохимическими циклами миграции веществ и энергии, причем начальный момент этих циклов обусловлен фото- и хемосинтезом, т.е. трансформацией солнечной энергии и синтезом биогенных веществ в земных условиях.

Деятельность живого вещества биосферы с его энергетической, концентрационной, газовой, биохимической и другими функциями В.И.Вернадский считал самой мощной геологической силой. Он подчеркивал ведущую роль живого вещества в процессах, преобразующих лик Земли. Живые организмы полностью регулируют состав газовой оболочки нашей планеты, солевой состав вод мирового океана, обеспечивают кругооборот многих химических элементов, использование и трансформацию солнечной энергии, образование торфа, нефти, угля, осадочных пород и других геологических отложений.

В последние годы жизни В.И.Вернадский особое внимание уделял исследованию значения деятельности человека в биосфере. Здесь, по Вернадскому, биосфера переходит в новое, высшее состояние - ноосферу - сферу взаимодействия природы и общества, при которой главным фактором преобразования природы, сопоставимым по масштабам с геологическими силами, становится человеческая деятельность.

Живое вещество биосферы и его функции

Совокупность живых организмов в биосфере В.И.Вернадский назвал «живым веществом, рассеянным в мириадах особей». Живое вещество он считал формой активированной материи. Специфика его заключается в том, что живое вещество биосферы характеризуется огромной свободной энергией, химические реакции в нем протекают при низких температурах и в тысячи, миллионы раз быстрее, чем в неживом веществе. Слагающие живое вещество индивидуальные химические элементы (белки, ферменты) устойчивы только в живых организмах, оно характеризуется саморегулируемым движением и стремится заполнить собой все возможное пространство. Живое вещество в биосфере представлено в виде индивидуальных организмов, на Земле – в виде биоценозов. Для него характерно наличие эволюционного процесса, так как благодаря непрерывному чередованию поколений современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох.

Живое вещество в биосфере выполняет ряд важнейших функций. В настоящее время они объединены в пять основных групп:

1. Энергетическая функция – основная планетарная функция биосферы. Она заключается в улавливании, связывании и запасании солнечной энергии, идущей затем на поддержание других процессов в биосфере. В основе этой функции лежит фотосинтезирующая деятельность зеленых растений. Зеленый покров является единственным источником свободного кислорода и регулятором газового состава атмосферы, он поддерживает неизменное содержание кислорода (20,95%) газового состава атмосферы.

2. Концентрационная функция - связана с аккумуляцией живыми организмами из внешней среды химических элементов (водород, кислород, азот, кальций, магний, натрий, фосфор). Ежегодно зеленые растения концентрируют 10^7 т цинка, что равняется его мировым запасам (в виде сырья), 10^5 т кобальта, 10^6 т никеля, 10^7 т меди, 10^9 т фосфора, что всего на порядок меньше их мировых запасов (в сырье). Отмирание живого вещества приводит к высокому содержанию большинства этих элементов в почве и литосфере, вплоть до образования горных пород - торфа, угля, известняка, сапропелей, мела, железных руд осадочного происхождения и др.

Кроме обычных химических элементов, широко распространенных в биосфере, многие организмы накапливают редкие и рассеянные элементы, которые могут играть важную роль в их физиологии. Некоторые цветковые растения могут концентрировать литий, берий. Микрофлора некоторых рудных месторождений обогащается медью, цинком, свинцом. Бром и йод накапливаются в некоторых морских водорослях, а также некоторых губках. Растительность, произрастающая на почвах и породах, обогащенных растворимыми соединениями металлов, накапливает их в повышенном количестве против нормального

содержания. На этом основаны биохимические методы поисков рудных месторождений.

3. Деструктивная функция живого вещества выражается в разрушении органических остатков и вовлечении освобождающихся веществ в биосферный круговорот.

Живые организмы оказывают влияние не только на органические остатки. Биогенному разложению подвержены многие минералы. Разлагая минералы, живые организмы извлекают из них кальций, калий, натрий, фосфор и другие элементы. Концентрация организмами токсичных веществ может приводить к образованию их запасов на отдельных участках земной коры.

4. Средообразующая функция. В результате деятельности живого вещества изменяются физико-химические характеристики среды: влажность, температура, газовый состав. Именно благодаря живым организмам в атмосфере произошло накопление кислорода. Живые организмы оказывают влияние на углекислый газ, азот, метан, водород. Считается, что 50% всего водорода атмосферы образовано в результате деятельности живого вещества.

Состав почвенного воздуха формируют бактерии. Живое вещество определяет и состав природных вод.

5. Транспортная функция. Это перемещение веществ в биосфере во всех направлениях.

Круговорот веществ

В процессе жизнедеятельности все организмы находятся в постоянном и активном взаимодействии с окружающей средой. Суть этого взаимодействия заключается в обмене веществом и энергией. В целом в биосфере происходит непрерывный процесс созидания живого вещества и аккумуляции энергии и одновременно разрушения сложных органических веществ и превращения их в исходные вещества: CO_2 , H_2O , H_2S , различные соли. Эти два процесса составляют сущность круговорота веществ, они неразделимы и биосфера может существовать лишь при одновременном их протекании.

Различают 2 круговорота – большой (геологический) и малый (биологический). В процессе геологического круговорота с одного места в другое в масштабе всей планеты переносятся минеральные соединения, а также изменяется агрегатное состояние H_2O (жидкая, твердая (лед, снег), газообразная (пар)). Геологический круговорот наиболее четко проявляется в круговороте H_2O . Круговорот воды – процесс непрерывного, взаимосвязанного перемещения воды на земле, происходящий под влиянием солнечной энергии, силы тяжести и жизнедеятельности организмов. Испарение воды происходит с поверхности водоемов, почвы и растений. Вода, находящаяся в парообразном состоянии возвращается затем в виде осадков. Над океаном выпадает 78 % общего количе-

ства осадков, над сушей – 22 %. Геологический круговорот веществ проходит медленнее и границы его часто шире границ биосферы, и живые организмы в геологическом круговороте играют второстепенную роль.

С появлением живых организмов на базе геологического круговорота возник биологический. Суть биологического круговорота заключается в протекании двух противоположных, но взаимосвязанных процессов – создания органических веществ и их разрушение. Начальный этап возникновения органического вещества обусловлен фотосинтезом зеленых растений. Растения извлекают из почвы в растворенном виде S, P, Ca, K, Mg, Al, и др. Растительные животные поглощают уже соединения этих элементов в виде пищи растительного происхождения. Хищники питаются растительными животными, потребляя пищу более сложного состава, включая белки, жиры, аминокислоты. В процессе разрушения микроорганизмами органического вещества отмерших растений и остатков животных в почву и водную среду поступают простые минеральные соединения доступные для усвоения растениями и начинается следующий виток биологического круговорота.

Обмен веществом и энергией, осуществляющийся между различными структурными частями биосферы и определяющийся жизнедеятельностью микроорганизмов, называется биохимическим циклом.

К главным циклам относятся биохимические циклы углерода, кислорода, азота, серы, фосфора.

Круговорот углерода - это один из важнейших круговоротов в биосфере. В биологическом круговороте углерода выделяются три стадии:

1. зеленые растения, поглощая углекислый газ из воздуха, создают органическое вещество;
2. животные, питаясь растениями, из содержащихся в них соединений углерода продуцируют другие соединения;
3. микроорганизмы разрушают вещество мертвых растений и животных и освобождают углерод, который снова попадает в атмосферу в составе углекислого газа.

Источником углерода также является углекислый газ, поступающий в атмосферу при дыхании растений в темное время суток. Часть углерода накапливается в виде мертвых органических веществ там, где отсутствуют условия для их разложения, и переходит в ископаемое состояние (торф, каменный уголь, нефть). О масштабности современного биологического круговорота углерода можно судить по тому обстоятельству, что растительные организмы, включая водоросли, ежегодно продуцируют около 1,5 трлн. тонн углерода органической массы.

На суше особенно мощным естественным источником поступления CO₂ в атмосферу являются вулканы.

Биохимический цикл кислорода является планетарным процессом, связывающим атмосферу, гидросферу и литосферу. Все органические вещества – это соединения O_2 , поэтому O_2 является жизненно важным элементом почти для всех живых организмов (за исключением анаэробных бактерий). В количественном отношении O_2 - преобладающий компонент живой материи (тело человека по массе состоит из O_2 на 62,8 %, 30 % земного шара, 47 % земной коры. 85,7 % гидросферы и 70 % живого вещества составляет по массе O_2 . Огромные его массы прочно химически связаны с другими элементами, образуя многочисленные минералы. В биосфере происходит быстрый обмен O_2 среды с живыми организмами или их остатками после гибели. В течение веков растения, главным образом, производят свободный O_2 , а животные являются его потребителями путем дыхания. Господствующей формулой нахождения O_2 в атмосфере является молекула O_2 , в ничтожных количествах присутствует озон O_3 . Свободный кислород атмосферы является побочным продуктом процесса фотосинтеза зеленых растений, его общее количество отражает баланс между его продукцией и процессами окисления и гниения различных веществ. Количество выделяемого O_2 = количеству поглощаемого.

Азот – главный газ атмосферы (80 % свободного). В связанном состоянии встречается в форме неорганических соединений, например, натриевой селитры $NaNO_3$ и калийной KNO_3 , аммиака NH_3 (продуктов гниения). В виде органических соединений азот содержится во всех организмах. В атмосфере Земли он находится в виде N_2 – химически инертного газа. Большинство организмов не способны усваивать свободный азот из воздуха. Растения извлекают азот из почвы с неорганическими веществами – солями аммония и нитратами (нитраты – соли азотной кислоты, нитриты – соли азотистой кислоты) Животные усваивают органически связанный азот при потреблении растительной или животной пищи.

В круговорот атмосферный азот вовлекается главным образом благодаря азотфиксации. Свободный азот фиксируют синезеленые водоросли, азотбактерии. Отмершая органика перерабатывается сапрофитами (грибы, бактерии). В итоге связанный в органике азот высвобождается и возвращается в молекулярной форме в атмосферу.

Ноосфера

С целью определения и обозначения особого этапа в истории планеты Земля, при котором именно научное познание, а не стихийные силы и неразумное поведение будет направлять развитие системы «общество — природа», француз Э. Леруа в середине 20-х годов XX века предложил термин «**ноосфера**» (сфера разума). Он считал, что ноосфера характеризует процесс перехода биосферы в новое эволюционное состояние, обусловленное воздействием че-

ловека. Несколько позже философ П. Тейяр де Шарден, развивая концепцию ноосферы, выделил в развитии планеты следующие, последовательно сменяющие друг друга стадии: преджизнь (пред-биосфера), жизнь (биосфера) и «феномен человека», т.е. собственно ноосфера. Причем ноосфера — это своего рода обволакивающий планету пласт мыслей, она возникает и разворачивается вне биосферы.

В основе современных представлений о взаимоотношении человека и природы лежит разработанная в начале XX века В.И.Вернадским концепция ноосферы, как нового геологического этапа развития биосферы, на котором человек впервые становится крупнейшей геологической силой. *Сфера взаимодействия общества и природы, в пределах которой разумная деятельность представляет главным, определяющим фактором развития биосферы и человечества, называется ноосферой.*

В представлении В.И.Вернадского, человек — часть живого вещества, подчиненного общим законам организованности биосферы, вне которой оно существовать не может. Человек является частью биосферы, утверждал выдающийся ученый. Ноосфера представляет собой качественно новый этап эволюции биосферы, в котором создаются новые формы ее организованности как новое единство, возникающее в результате взаимодействия природы и общества. Человек может и должен перестраивать своим трудом и интеллектом «область своей жизни», но при этом обязан сохранять те условия биосферы, которые обеспечивают ему жизнь. Будучи естественным порождением разума человека, ноосфера в своем развитии должна основываться на высшем проявлении интеллекта — научном познании.

Если согласиться с тем, что биосферная функция человека должна заключаться в поддержании целенаправленного развития биосферы, ее он может выполнить только в эпоху ноосферы. При переходе биосферы в ноосферу перед человечеством возникает огромная по масштабам и значению задача — научиться сознательно регулировать взаимоотношения общества и природы. Только целесообразная, осознанная и планомерная деятельность людей может обеспечить гармоническое развитие природы и общества, не ограниченное во времени. При этом *ноогенез* — этап становления ноосферы — предполагает развитие не только биосферы и общества, но и каждой отдельной личности.

М.И. Будыко, проведя анализ процесса перехода биосферы в ноосферу, связал образование последней с достижением следующих этапов: 1 — человечество стало единым целым, научно-техническая революция охватила всю планету; 2 — осуществилась коренная перестройка связи и обмена, ноосфера стала единым организованным целым, все части которого на различных уровнях действуют согласованно друг с другом; 3 — открыты принципиально новые источники энергии (ноосфера предусматривает коренную перестройку человеком

окружающей природы, ему не обойтись без колоссальных источников энергии);
4 — достигнуты социальное равенство всех людей и подъем их благосостояния;
5 — возможность регулировать состояние биосферы в соответствии с потребностями человеческого общества.

Анализируя трагические последствия многих деяний человечества, весьма трудно согласиться, что биосфера уже вступила в стадию разумного, а не стихийного управления. Оптимизм В.И. Вернадского был вызван бурными успехами современной ему науки, существенно опережавшей и отчасти контролировавшей развитие техники и технологии. Однако со второй половины XX века развитие фундаментальной науки, исследующей основы мироздания, начало отставать от развития прикладных ее отраслей, которые, хотя и имеют сугубо практическое значение, не способны дать целостной картины дальнейшего развития природы и общества.

Известный эколог Ю. Одум (1986 г.) считает, например, что, несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Об этом свидетельствует множество экологических проблем, возникших на нашей планете. Поэтому рад ученых (Ю.Н. Куражковский и др.) полагает, что ныне правильнее говорить лишь о начальной стадии развития ноосферы (*протоносферы*), которая, развиваясь в пределах техносферы, конечно, имеет принципиальное отличие от ее будущего состояния — ноосферы.

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОСФЕРУ

Место человечества в биосфере

Человек есть продукт сложнейших эволюционных процессов, которые протекали в течение сотен миллионов лет. Являясь вершиной развития материи, современный человек сложился как биопсихосоциальное существо, жизнедеятельность которого может быть охарактеризована биологическими, психическими и социальными показателями. Биологические выражаются в различных функциях организма человека, его непосредственных связях с окружающей природной средой, без которых он просто не может существовать физически. Под психическими следует понимать внутренний духовный мир человека и его проявления, а под социальными — «встроенность» человека в сложившиеся отношения в коллективе, в сообществе людей.

Неотделимость человека от биосферы. С позиции экологии человечество — общемировая популяция биологического вида, неотъемлемая составная часть экосистемы Земли. Будучи одним из 3 млн. известных ныне биологических видов, человек получил свое место в системе животного царства:

класс млекопитающих, отряд приматов, семейство гоминид, род — человек.

Как биологическому виду человеку присущ обмен веществ с окружающей его средой, определяющей условия существования любого существа. Организм человека во многом связан с остальными живыми компонентами биосферы — растениями, насекомыми, микроорганизмами и т.д.

Человек входит в биотический компонент биосферы, где он связан пищевыми цепями с продуцентами, является консументом первого и второго (иногда третьего) порядка, гетеротрофом, пользуется готовым органическим веществом и биогенными элементами, включен в круговорот веществ биосферы и подчиняется закону физико-химического единства вещества В.И. Вернадского — живое вещество физико-химически едино.

Функционирование организма человека возможно только в более или менее определенных, нешироких пределах изменений состава и давления атмосферного воздуха, температуры, питания и других, непосредственно воздействующих на человека экологических факторов. Так, ширина зоны температурного благополучия не превышает 14° (примерно от 20 до 34°C). Конечно, люди могут существовать и в гораздо более широком диапазоне температур окружающей среды, достигающем $50-70^{\circ}\text{C}$ и даже больше. Но жизнь за пределами экологического оптимума возможна лишь в течение короткого времени. Таким образом, закон оптимума применим и к виду *Homo sapiens* (человеку разумному). При этом укажем, что функции технических средств, позволяющих существовать человеку в необычных, экстремальных условиях, заключаются в сохранении нормальных показателей непосредственно его окружающей среды (внутри одежды, скафандра, помещения).

В целях обеспечения биологической жизнедеятельности и существования человеку абсолютно необходим непрерывный приток атмосферного кислорода, питьевой воды, пищи. Подобно животным, его организм подчинен суточным и сезонным ритмам, реагирует на сезонные изменения окружающей температуры, интенсивность солнечного излучения и т.д.

Отражением биологической природы человека (как и всего живого) является стремление сохранить свою жизнь всеми доступными средствами, в том числе и посредством использования природных факторов, продолжить ее через размножение, обеспечить максимум безопасности жизнедеятельности. Естественно, что для достижения указанных целей необходимы постоянные взаимодействия человека со средой обитания.

Во взаимоотношениях с окружающей средой человеческая популяция чисто биологически проявляет определенную норму реакции, т.е. предсказуемое изменение состояния организма при определенном уровне внешнего воздействия. Норму реакции человека, в свою очередь, определяет генотип, который представляет собой наследственную программу развития.

Многообразные взаимодействия генотипа индивида со средой формирует его фенотип — совокупность признаков (в т.ч. внешних) и свойств организма, которые есть следствие указанных взаимодействий.

Все разнообразие людей на Земле является прямым следствием присущих им генетических и средовых различий. Поэтому говорят о наличии адаптивного типа человека, подразумевая под этим группы людей, которым присущи характерные особенности внешнего облика в результате прямого приспособления к условиям местности, где они проживают. Примером этого могут быть расы людей: европеоидная, негроидная, австралоидная и монголоидная.

Приведенные некоторые факты влияния условий среды обитания на организм человека можно дополнить и более свежими примерами, например, акселерацией — массовым увеличением среднего роста людей, возникшим после окончания второй мировой войны, причем в самых различных регионах планеты. Как считают ученые, указанное явление обусловлено, прежде всего, улучшением качества питания в результате усиления торгового обмена, перевозок продовольствия из одних районов в другие. Помимо акселерации приспособление человеческого организма к изменениям темпов и характера развития социальных процессов находит свое подтверждение в ретардации (замедлении процессов старения) и пролонгации (расширении репродуктивного периода развития человека).

Таким образом, экологическое сходство человеческой популяции с популяциями всех других биологических видов заключается в том, что человечеству присущи та же генетическая цель (продолжение рода) и весь спектр экологических связей, которые выявлены в природных популяциях. Это обусловлено его биологическим происхождением, принадлежностью к миру живой природы, в котором действуют биологические законы. Следовательно, человек как вид неотделим от биосферы. «Человек, как и все живое, может мыслить и действовать в планетарном аспекте только в области жизни — в биосфере, в определенной земной оболочке, с которой он неразрывно связан, и уйти из которой он не может. Его существование есть её функция» (В.И. Вернадский).

Экологические отличия человечества от популяций иных видов, даже наиболее близких (например, человекообразных обезьян), проявляются в степени развитости упомянутых экологических связей и в особенностях их реализации. Так, при рассмотрении связи общества с природой необходимо особо выделить трудовую деятельность человека. Без последней вообще не существует общественная жизнь, благодаря ей возник сам человек как общественное и мыслящее существо, но в тоже время возникла и обострилась проблема охраны окружающей среды. Отметим также только человечеству присущую принципиально новую форму внутривидовых коммуникативных связей — членораздельную речь и сопутствующее ей образное, абстрактное (понятийное)

мышление. Главное преимущество речи перед иными сигналами состоит в ее практически беспредельной «информационной емкости».

Подчиняясь, подобно всему живому, общим экологическим законам, человечество следует еще и специфическим, т.е. видовым законам. Среди них главным является социальность, которая воздействует на все проявления жизнедеятельности людей: от их индивидуальности в морфологическом аспекте до семейных отношений, типов и форм развития общества включительно. Важно и нужно подчеркнуть при этом, что благополучие физического существования в коллективе каждого человека в существенной степени определено степенью полезности его для других людей. Удивительно, но постоянное причинение вреда другим лицам способствует включению механизма саморазрушения организма вредителя, что обусловлено эволюционным развитием популяции. Этот феномен есть частное проявление общебиологического закона, согласно которому естественный отбор уничтожает особей, которые приносят вред своему виду. Отсюда вывод: противопоставление человека обществу должно иметь определенные границы, поскольку в первую очередь оно наносит вред ему самому.

Согласно мнению многих ученых, огромную положительную роль в развитии человечества сыграло сугубо человеческое качество — альтруизм, т.е. способность к бескорыстной заботе о других людях. Благосклонное, милосердное отношение к физически немощным, но умудренным жизненным опытом старикам позволило создать и передать потомкам «банки устной информации», обусловило выживаемость человечества, особенно на ранней стадии его формирования.

Многие из рассмотренных ранее законов и принципов демэкологии можно с пользой перенести и на человеческую популяцию. В то же время следует помнить, что именно разум, определяя главное отличие «человека разумного» от других существ, именно он дает возможность человеку предвидеть последствия своих поступков, но и возлагает на него всю ответственность за их последствия. Наконец, подчеркивая, что жизнь человека, группы людей и популяций людей есть постоянное взаимодействие как с природной, так и с социальной средой, ученые отмечают доминирующее значение последней, особенно в густонаселенных местоживаниях.

В процессе познания биологических и социальных аспектов взаимоотношения человека и среды его обитания необходимо учитывать основной биологический закон о единстве организма и необходимых для его жизни условий и, прежде всего, энергии. Животные любых видов получают энергию для поддержания жизни двумя основными путями: потреблением пищи и согреванием под лучами Солнца. Соответственно, и выполняемая ими работа осуществляется только в результате мускульной силы. Человек, будучи представителем живот-

ного царства, являет собой единственное исключение: сначала он освоил запасы законсервированной солнечной энергии в виде органического топлива (древесина, уголь, нефть и газ), а ныне приступил к использованию атомной и иной энергии. Именно благодаря чрезвычайному росту использования найденных и присвоенных человеком запасов солнечной энергии, законсервированной в органическом топливе, создан и функционирует весь комплекс современного жизнеобеспечения человечества.

Эта огромная энергия расходуется, прежде всего, на изменение среды обитания с конечной целью повысить комфортность своего существования. В свою очередь резко ускоряется преобразование природной среды. Все виды живых организмов, обитающих на Земле, вынуждены адаптироваться (приспосабливаться) к среде обитания, к изменяющимся условиям жизни. И только человек, используя освоенную им дополнительную энергию, приспособливает всю целиком среду своего обитания к собственным потребностям, существенным образом и в относительно короткие сроки преобразует природу в планетарных масштабах. В этом проявляется еще одно коренное экологическое отличие человеческой цивилизации.

Таким образом, можно утверждать: экологические отличия человеческой популяции от других наиболее отчетливо выражаются в глубине и масштабах влияния её на окружающую природную среду. Подобно любой популяции человеческая определенным образом воздействует на среду своего обитания, изменяет её и, в свою очередь, испытывает ответное сопротивление. Однако давление человечества на природную среду ныне по своим масштабам превышает сопротивление среды и часто подавляет его. Растущий дисбаланс между антропогенным давлением на природу и ответным ее сопротивлением есть одна из основных экологических особенностей человеческой популяции. Именно в нем таится угроза полного разрушения природных экосистем, в том числе и глобальной – Земли.

Можно утверждать, что человек фактически разрушил почти все природой запущенные механизмы гомеостаза по отношению к собственной популяции. Так, на её численности практически не сказываются абиотические (модифицирующие), а также биотические факторы (хищники, паразиты, болезни и межвидовые конкурентные отношения). Даже современные болезни цивилизации (сердечнососудистые, онкологические, СПИД и др.) на фоне темпов увеличения народонаселения (85-90 млн. ежегодно) не изменяют существенно тенденций экспоненциального роста численности вида. Принцип территориальности, который является, как известно, важным фактором регулирования численности любой популяции, практически не срабатывает в отношении человечества, так как природные ресурсы относительно легко перемещаются по различным территориям.

Наконец, в отличие от биологических популяций, например, животных, если где и имеет место регулирование численности (Китай, Индия), оно происходит за счет осознанного воздействия на рождаемость, а не как реакция на имеющуюся численность.

Пространственной нишей человека ныне стала вся планета, и даже часть космического пространства. Он способен использовать все продукты, предоставляемые природой. Тем самым человечество резко расширило трофические (пищевые) границы ниши.

В отношении потребления пищи, ее энергетической ценности биологическая сущность современного человека практически не изменилась: ему требуется примерно 2500 ккал в сутки. Однако для обеспечения этой физиологической нормы современному человеку требуется затратить на ее производство уже 25000 ккал. Конечно, получать ее можно с площади, в тысячи раз меньше, чем в доисторические времена требовалось для наших древних предков. Как следствие этого, экологическая (в данном случае пищевая) емкость среды обитания человечества возросла многократно. Способность к производству пищи — принципиальное экологическое отличие человека от всех биологических видов, одно из главных проявлений его социальных особенностей. Многие столетия люди совершенствуют производство продовольствия, увеличивая его количество и улучшая качество. Благодаря этому растет уровень выживаемости особей, а, следовательно, и численность человечества.

Ранее отмечалось, что климат во всем его многообразии оказывает огромное влияние на жизнедеятельность любых живых организмов. Тем не менее, ныне человек не имеет себе равных среди биологических видов по способности заселять любые климатические зоны. Исходя из способности человека изготавливать одежду, строить жилье, использовать различные виды энергии для регулирования температуры и влажности, можно сделать вывод: климатический фактор, прямо или косвенно воздействующий на численность и распределение большинства наземных видов, над человеком практически уже не властен. Здесь не учитывается возможность резкого изменения климата в результате, например, термоядерной войны или природной катастрофы глобального масштаба.

Огромное значение в человеческом обществе имеют информационные связи. И другие живые существа обладают способностью обмениваться информацией как с особями своего вида, так и других видов. Используемые при этом сигналы, как правило, просты и конкретны, дистанция их воздействия ограничена; наконец, информативные сигналы фиксируются крайне редко и в простейшей форме (например, через пахучие метки). Суммирование животными такой информации, ее прямая передача и непосредственное использование последующими поколениями, по-видимому, невозможны. Напротив, информаци-

онные связи человечества насыщены сигналами любой сложности; они способны не только одновременно охватить всю ныне живущую видовую популяцию человека, но могут быть адресованы грядущему поколению. Благодаря этому обеспечиваются согласованные общественные действия многих миллионов людей. В принципе возможна координация взаимодействий всей видовой популяции человечества в целом (например, при угрозе глобальной экологической катастрофы). Присущая человечеству способность к взаимодействиям со средой обитания в форме согласованных общественных действий означает, что ему свойственны социально-экономические связи с окружающим миром.

Наконец, еще одно экологическое отличие человека от других видов живых существ, населяющих Землю. Это заложенное в его генетической программе осознанное стремление к освоению новых сред обитания, изначально чуждых и даже смертельно опасных для него по ряду своих показателей. Будучи на данном этапе развития ограниченным возможностями планеты и не сумев при этом наладить экологически сбалансированное природопользование, человечество пытается вырваться в космическое пространство с целью освоения ресурсов последнего, в частности, новых источников энергии. Однако, следует указать, что, стремясь по сути стать космическим видом, современное человечество фактически повторяет путь своих предков, которые, опустошив одну среду обитания, отправлялись осваивать новую.

В целом можно утверждать, что экологическая ниша современного человека больше определяется социальными условиями (законами, правилами, моралью), нежели биологическими критериями и природными факторами. Общество является носителем социального, а человек, будучи живым организмом, обладает определенным набором генов как особь популяции; но он одновременно и личность, продукт общества. Согласно мнению Ю.И. Ново-женова, уникальной адаптацией человека является способность существовать и приспосабливаться с помощью культуры. Именно она позволила человеку освоить новую экологическую нишу, т.е. жить в культурной среде, благоустраиваться во всех зонах и сферах Земли.

Вышеизложенное позволяет понять определение, данное известным философом И.Т. Фроловым (1985г.): «Человек — субъект общественно-исторического процесса, развития материальной и духовной культуры на Земле, биосоциальное существо, генетически связанное с другими формами жизни, но выделившееся из них благодаря способности производить орудия труда, обладающее членораздельной речью и сознанием, творческой активностью и нравственным самосознанием».

Отчужденность человека от природы. Широкомасштабная антропогенная деятельность не только нарушает развитие биосферных процессов, но и отчуждает человечество от природы. Оно уже не находится в органическом

единстве ни с биоценозами, ни с биотопами, ни с биоценозами в целом. Чаще всего человек выступает как внешний фактор по отношению к последним, стремясь при этом подчинить природу своим интересам. Большая часть его деятельности выходит за рамки экосистемных законов и подчас развивается вопреки им.

Гиперэврибионтность, т.е. чрезвычайно широкая экологическая валентность человека, как и практически неограниченная экологическая ниша, способствовали формированию по сути супервида, способного подчинять своим интересам другие виды и даже уничтожать их (преднамеренно или без умысла). Подобное абсолютно чуждо видам, которые существуют в границах экосистем и занимают определенные места в цепях питания, поскольку уничтожение других видов адекватно самоуничтожению. Согласно Н.А. Воронкову, это один из важнейших парадоксов развития человека как биосоциального существа. Однако превращение человека в супервид произошло не в результате постепенного развития биологических механизмов, а за счет технических средств. Вследствие этого человек в значительной степени утратил потенциал своих биологических адаптации. Поэтому, как это ни парадоксально и трагично, но человек — это уникальное творение природы — является одним из первых кандидатов на уход с арены жизни в результате им же вызываемых изменений среды обитания.

Антропогенный фактор в биосфере

Рассматриваемые в данном разделе вопросы имеют важное значение для характеристики специфической роли человечества в биосфере и лучшего понимания причин современного экологического кризиса и прогнозирования его последствий. Основой для их рассмотрения является анализ степени согласования деятельности человечества с экологическими законами, правилами и принципами.

Изменение границ оптимальных и лимитирующих факторов. Своей деятельностью человек способен изменять силу действия и число лимитирующих факторов, а также сужать или, напротив, расширять границы оптимальных значений факторов среды. Так, уборка урожая связана с извлечением из почв элементов минерального питания культурных растений и переходом некоторых из них в разряд лимитирующих факторов для вновь посаженных растений. С другой стороны, такие мелиоративные мероприятия, как обводнение, осушение, внесение удобрений и т.п., оптимизируют факторы, фактически устраняют их лимитирующий характер.

Сокращение численности популяций. Животные, птицы и насекомые гибнут на дорогах под колесами автотранспорта, а также при проведении полевых работ. Перелетные птицы сгорают в газовых факелах, где сжигают отходящие газы при добыче нефти. Животные гибнут в разливах нефти, на проводах и

опорах линий электропередач, в рыболовных сетях. Загрязняющие вещества (оксиды серы, фтор и фтористый водород, хлориды и диоксид азота) наиболее опасны для растений, вызывают ожоги, а при высоких концентрациях и гибель отдельных особей. Образующиеся из диоксида серы сернистая, а также серная кислоты, вместе с другими веществами попадая в почву, снижают её плодородие, подавляя жизнедеятельность бактерий и снижая численность дождевых червей. Крайне опасными загрязнителями являются и поверхностно-активные вещества и нефть, попавшая в водоемы.

Загрязняющие вещества влияют на эмбрионы, развивающиеся зародыши, отравляя их, вызывают уродства и ненормальности в развитии организма, нарушение функций нервной системы, половых желез и органов.

Загрязнители разной природы, действуя одновременно, оказывают кумулятивный эффект: вредное влияние меди на растения усиливается в присутствии солей свинца, а также при воздействии радиации. Под влиянием загрязняющих веществ сокращается продолжительность жизни прежде всего долгоживущих видов, способных накапливать их в организме.

Изменяются половая и возрастная структуры популяции; численность сокращается до таких пределов, что затрудняет поиск брачных партнеров. Из-за загрязнения среды нарушаются циклы размножения, уменьшается количество беременных самок, число детенышей в помете, растет смертность новорожденных. Распадается ареал вида, сокращаются площади местообитания, изолируются мелкие островки обитаний.

Воздействие на характер функционирования экосистем. Некоторые экосистемы и даже их крупные блоки (например, степи, прерии) человеком практически уничтожены. В других нарушены свойственные им процессы, принципы и закономерности функционирования:

1) цепи питания и экологические пирамиды. Указывалось, что в природных экосистемах на высоких звеньях цепей питания не бывает большой продукции, биомассы и численности организмов. Человек нарушил этот принцип по отношению как к своей популяции, так и к другим видам (сортам, породам), особенно сельскохозяйственным, что стало возможным благодаря присвоению и вложению в системы дополнительной энергии (например, при внесении удобрений). Нарушение правил экологических пирамид вызывает изменения в круговоротах веществ, накопление отходов и загрязнение среды. В качестве примера можно привести животноводческие комплексы с их экологическими проблемами. Указанное нарушение обуславливается также и тем, что в круг интересов человека ныне включаются продукты (ресурсы) прежних геологических эпох, отходы и загрязнители, т.е. превращаются в тупиковое звено;

2) изменение границ экологических ниш организмов. Вследствие выравнивания местообитаний (земледелие, урбанизация, опустынивание и др.)

увеличивается сближение ниш близких в экологическом отношении видов. В свою очередь усиливается конкуренция и активизируется правило конкурентного исключения. Конечный результат таких явлений – обеднение видового состава сообществ и расширение возможностей для внедрения в экосистемы несвойственных им видов;

3) воздействие на динамику экосистем. Осушение болот, рубка лесов, пожары и другие виды антропогенной деятельности разрушают или нарушают конечные (климаксные) стадии экосистем, заменяют их промежуточными сообществами. В своих интересах человек нередко поддерживает экосистемы на промежуточных стадиях динамики в течение длительного времени. Например, он сохраняет лиственные леса на месте коренных хвойных, поскольку они более ценны в рекреационном (для отдыха) отношении или устойчивы к загрязнениям атмосферы. Иногда, наоборот, стимулируются сукцессионные процессы для скорейшего перевода экосистем в завершающие стадии динамики. Так в лесном хозяйстве удаляются лиственные деревья из хвойно-лиственных лесов с целью ускорения их перевода в чисто хвойные леса. Экологические издержки таких мероприятий неизбежны – снижение устойчивости сообществ;

4) обеднение генофонда. Сокращение числа видов уменьшает сложность экосистемы; выпадение одних видов часто приводит к вспышке численности других; доминантные виды могут быть угнетены, и их место занимают вновь вселяющиеся виды; разрушаются межвидовые отношения: хищник – жертва, опылитель – опыляемое растение, симбиотические связи. Подсчитано, что гибель одного вида растения может вызвать гибель от 5-7 до 30-35 связанных с ним видов животных, главным образом беспозвоночных. Световое, звуковое, химическое загрязнение нарушает сложившиеся системы сигнализации в природном сообществе между видами. На наших глазах происходит обеднение генофонда биосферы вследствие вымирания видов, сокращения их популяционного разнообразия и численности особей во всех сокращающихся по территории популяциях. Ежедневно из этого числа безвозвратно исчезает один вид животных и еженедельно — один вид растений;

5) сокращение территорий, занимаемых естественными экосистемами. Ныне 9-12 % поверхности суши распахано, 22-25 % составляют полностью или частично окультуренные пастбища. Более 450 экваторов – такова протяженность дорог на планете; 24 км на каждые 100 км² – такова густота дорог. По данным ООН, в одних лишь промышленно развитых странах, под бетоном строящихся автострад, населенных пунктов, аэропортов ежегодно исчезает более 3 тыс. км² ландшафта.

Влияние человека на функции живого вещества в биосфере. Результатом крупномасштабной деятельности человека является нарушение механизмов функционирования живого вещества и его функций. Рассмотрим некоторые из

них:

а) константность живого вещества. Условием постоянства массы живого вещества в биосфере является сохранение условий, обеспечивающих нормальную продуктивность сообществ. Они нарушаются в результате истощения почв, замены более продуктивных экосистем (например, тропических, пойменных и т.п.) менее продуктивными, при отчуждении земель под различные виды строительства и т.п. Все это приводит к уменьшению объемов живого вещества (биомассы) на Земле. Подчеркнем, что за счет повышения человеком продуктивности агроэкосистем потери живого вещества не компенсируются;

б) транспортная и рассеивающая функции живого вещества. Перемещая большие массы биологической продукции в пространстве, человек нарушает при этом естественные круговороты. Например, с 1 га соснового леса вместе с древесиной удаляется около 140 кг калия, 330 кг кальция, 70 кг магния, 20 кг фосфора и 250 кг азота. Более масштабны негативные последствия от разрушения почв. Вынос водным стоком натрия, магния, кальция, калия и азота с площадей вырубок увеличился соответственно в 3; 8; 9; 20 и 100 раз.

Рассеивающая функция усиливается в результате использования человеком практически всех видов ресурсов. Одного железа ежегодно рассеивается около 100-120 млн. т (из 6-7 млрд. т этого металла, находящегося в использовании);

в) деструкционная и концентрационная функции. Усиление человеком деструкционных (разрушительных) явлений в биосфере (в сотни и тысячи раз по сравнению с естественным ходом процессов) происходит в результате извлечения ресурсов из недр, а также воздействия на поверхность литосферы. Только обработкой почв ежегодно разрушаются и выносятся в океан или перемещаются в пределах материков воздушными и водными потоками миллиарды тонн материала, в том числе наиболее ценной части почвы – гумуса.

Результатом интенсификации концентрационных процессов является накопление на поверхности Земли ресурсов или продуктов их переработки в таких объемах, что они выделяются в специфические техногенно-геохимические провинции.

Изменение временного фактора развития биосферных процессов. Если (по Б.Небелу) весь период развития жизни на Земле (порядка 4 млрд. лет) представить в годовом масштабе, тогда время появления человека как вида (3 млн. лет назад) относится примерно к 16 часам 31 декабря, сельское хозяйство начало развиваться за 2 минуты до окончания года (10-12 тыс. лет назад), а промышленная революция, начавшаяся в XVIII веке, длится всего 2 секунды. Время наиболее интенсивного воздействия человека на биосферные процессы (с 60-70-х годов прошлого века) в принятой шкале времени измеряется долями секунды. Следовательно, периоды «биогенеза» и «ноогенеза» совершенно не

сопоставимы ни по продолжительности, ни по интенсивности. Нарушение временного фактора в развитии биосферы и среды обитания приводит к несоответствию темпов изменения среды и адаптационных возможностей организмов. Следствием этого являются нарушение в соотношении численности отдельных видов (результат неодинаковой адаптивности), снижение устойчивости и продуктивности экосистем и даже гибель некоторых видов.

Экологические кризисы в истории человечества

Определенные противоречия во взаимодействии общества с природной средой неизбежны. В процессе обмена между обществом и природой материя (вещество, энергия и информация) никуда не исчезает, а переходит из одной формы и состояния в другую. При этом прогресс общества неизбежно идет «за счет» природы, ибо, удовлетворяя свои потребности, люди в процессе производства заимствуют у природной среды материальные блага, отчуждая их у нее. Однако если общество существует за счет природы, его прогрессивное развитие может быть бесконечным только при условии бесконечности и разнообразия природной среды. Но реальное общество всегда развивается на ограниченном по объему пространстве, каким и является наша планета. Поэтому оно неизбежно на определенном этапе (в силу несотворимости и неуничтожимости материи) должно столкнуться с экологической проблемой. Следовательно, указанная проблема обусловлена возрастанием противоречий в вещественных, энергетических и информационных связях общества с природной средой.

За истекшее столетие в человеческом обществе произошли два важнейших сдвига. Во-первых, резко увеличилась численность населения Земли (до 6,0 млрд. человек в 2000 г.) и имеется тенденция дальнейшего ее возрастания. Еще в начале 50-х годов эта цифра была вдвое меньше. Во-вторых, значительно выросли промышленное производство, выпуск энергии и продуктов сельского хозяйства, хотя и не адекватно росту населения.

Человечество заявило о себе как сила, по мощности воздействия на поверхностные оболочки планеты почти не уступающая суммарному воздействию всех живых организмов. Обладая способностью влиять на вековой ход биосферных процессов, человечество создало техносферу. Техносфера — часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия ее своим социально-экономическим потребностям.

Современное человечество использует не только огромные энергетические ресурсы биосферы, но и небiosферные источники энергии (например, атомной), ускоряя при этом геохимические преобразования природы. Некоторые антропогенные процессы при этом направлены противоположно по отношению к естественному ходу их в биосфере. Это рассеивание металлов

руд, углерода и др. биогенных элементов, торможение минерализации и гумификации, освобождение законсервированного углерода (уголь, нефть, газ) и его окисление, нарушение крупномасштабных процессов в атмосфере, влияющих на климат и т.п. В конечном итоге все это приводит к экологическим кризисам в биосфере.

Экологический кризис (по И.И. Дедю) – ситуация, которая возникает в экологических системах (биогеоценозах) в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных явлений или в результате воздействия антропогенных факторов (загрязнение человеком атмосферы, гидросферы, педосферы, разрушение естественных экосистем, природных комплексов, лесные пожары, зарегулирование рек, вырубка лесов и др.). В более широком смысле экологический кризис – критическая фаза в развитии биосферы, при которой происходит качественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и возникновение других). Здесь уместно привести образное высказывание Ю.С. Шевчука (1991 г.): «...Экологический кризис – это кнут, которым природа направляет нас на единственно прогрессивный «зеленый» путь развития. Но это и топор, которым природа отсекает с дерева человечества тупиковые ветви». В предистории и истории человечества выделяют ряд экологических кризисов (табл. 1).

Современный кризис часто называют «кризисом редуцентов», поскольку природные редуценты уже не успевают очищать биосферу от антропогенных отходов или потенциально не способны это делать в силу чуждого природе характера выбрасываемых синтетических веществ – ксенобиотиков. Иначе говоря, биосфера потеряла способность к самовосстановлению.

Почти одновременно с «кризисом редуцентов» активно проявляются два других экологических напряжения: термодинамическое (тепловое) и обусловленное снижением надежности экосистем. Связаны они с экологическими последствиями перепроизводства энергии в нижней тропосфере (парниковый эффект, строительство тепловых и атомных электростанций и т.д.), а также нарушения природного экологического равновесия. Указанные экологические кризисы (они уже начались и обострятся в ближайшем будущем), возможно, будут разрешены на основе энергетической и планируемой экологической революций. Первая, как считают ученые, будет заключаться в максимальной экономии энергии и переходе к ее источникам, почти не добавляющим тепло в приземной слой тропосферы, вторая – в регулируемой коэволюции (т.е. параллельной, совместной, взаимосвязанной эволюции всех живых существ биосферы) в системе «общество-природа», строительстве ноосферы.

Таблица 1 - Экологические кризисы в развитии биосферы и цивилизаций
(Н.Ф. Реймерс, 1992 — с изменениями)

| № | Название кризиса | Время | Причины кризиса | Пути выхода из кризиса |
|---|--|------------------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Предантропогенный (аридизации) | 3 млн. лет назад | Наступление засушливого периода (аридизация климата) | Возникновение прямоходящих антропоидов |
| 2 | Обеднение ресурсов собирательства и промысла для человека | 30-50 тыс. лет назад | Недостаток доступных первобытному человеку ресурсов | Простейшие биотехнические мероприятия типа выжигания растительности для обновления экосистем |
| 3 | Перепромысел крупных животных (кризис консументов) | 10-50 тыс. лет назад | Уничтожение доступных крупных животных человеком-охотником | Переход к примитивному земледелию, скотоводству (неолитическая революция) |
| 4 | Примитивное поливное земледелие | 1,5-2 тыс. лет назад | Примитивный полив, сопутствующие ему истощение и засоление почв | Переход к неполивному (богарному земледелию) |
| 5 | Недостаток растительных ресурсов и продовольствия (кризис продуцентов) | 150-250 лет назад | Истощительное землепользование, отсталые технологии | Промышленная революция, новые технологии в сельском хозяйстве |
| 6 | Глобальное загрязнение среды и угрозы истощения ресурсов (кризис редуцентов) | 30-50 лет назад по настоящее время | Истощительное природопользование, многоотходные технологии | Энергосберегающие технологии, безотходное производство, поиск экологически приемлемых решений |
| 7 | Глобальный термодинамический (теплогового загрязнения) | Начался и прогнозируется | Выделение в среду большого количества тепла, особенно из внутренних источников, парниковый эффект | Ограничение использования энергии, предотвращение парникового эффекта, поиск решений |
| 8 | Глобальное истощение надежности экологических систем | Первые признаки и прогноз | Нарушение экологического равновесия в масштабах планеты | Приоритет экологических ценностей перед всеми другими, поиски решений |

Имеется важное наблюдение: общим для всех антропогенных кризисов является то, что выход из них сопровождался, как правило, уменьшением численности народонаселения, его миграцией и социальными потрясениями, в некоторых случаях кризисы завершались сменой общественного строя. Так, первый антропогенный кризис вызвал расселение охотников, или «великое переселение народов». Переход к земледелию и скотоводству сопровождался разложением первобытно-общинного строя и возникновением рабовладельческого, которому сопутствовали опустынивание и истощение земельных ресурсов и переход к феодальному строю.

Биосферные функции человечества

За относительно короткое время своего существования человечество сильно изменило биосферу. Согласно Н.Ф. Реймерсу (1992г.), «люди искусственно и некомпенсированно снизили количество живого вещества Земли, видимо, не менее чем на 30 % и забирают в год не менее 20 % продукции всей биосферы». Указанные цифры говорят о том, что антропогенное изменение биосферы зашло слишком далеко, более того, направленность антропогенного воздействия прямо противоположна направленности эволюции биосферы. По мнению А.А. Горелова (1998 г.), с появлением человека начинается нисходящая ветвь эволюции биосферы: снижается ее биомасса, продуктивность и информированность. Как полагает Н.Ф. Реймерс, «вслед за прямым уничтожением видов следует ожидать самодеструкции живого. Фактически этот процесс и идет в виде массового размножения отдельных организмов, разрушающих сложившиеся экосистемы».

Что же такое человечество? Естественное ли это продолжение природы и венец ее творения или оно представляет собой инородное тело, жизнедеятельностью своей несущее гибель всем другим существам, своего рода раковая опухоль в организме природы? Такая постановка вопроса логически оправдана, ибо в биосфере нет такого вида, который фактически осознанно подрывал бы устои своего существования. Некоторые ученые формулируют вопрос и таким образом: является ли человечество этапом в эволюции материи или материя, породив человека, заложила в нем основу уничтожения самое себя, а точнее биосферы.

В свете этого приобретает особую значимость своевременное осознание человеком своих **биосферных функций**.

Деятельность человеческого общества, если рассмотреть ее объективно, до сих пор направлена на снижение устойчивости биосферы практически по всем направлениям. Стихийно, по сути, развиваясь, усиливая давление на биосферу, оно истребляет доставшееся ему богатство природы, отравляет и разрушает окружающую среду. Но с другой стороны, обладая разумом, человек познает закономерности биосферных процессов и в принципе способен действовать в направлении повышения устойчивости биосферы. Полагают, что в человеке посредством присущего ему научного мышления природа познает себя и тем самым определяет перспективы своего развития, т.е. свое будущее.

5. ОХРАНА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Под ресурсами понимают любые источники и предпосылки получения человеком необходимых материальных благ. Экологов в первую очередь интересуют ресурсы природные, то есть вся совокупность естественных продуктов природы, используемых человеком для удовлетворения материальных и культурных потребностей.

По характеру использования природные ресурсы делятся на исчерпаемые и неисчерпаемые.

Исчерпаемые ресурсы в свою очередь делятся на исчерпаемые возобновимые и невозобновимые. Если использование возобновимых ресурсов может носить непрерывный характер, то есть на смену использованным в процессе естественного роста накапливаются новые, то невозобновимые ресурсы представляют собой какой-то определенный конечный запас, который может быть использован в течение того или иного промежутка времени полностью и восстановление его невозможно. К группе возобновимых природных ресурсов прежде всего относятся биологические ресурсы – растительность и животный мир. Это лесные ресурсы, ресурсы сельскохозяйственных растений, домашних и диких животных. К возобновимым ресурсам относятся некоторые минеральные ресурсы, например соли, выпадающие в осадок в соленых озерах и морских лагунах.

Однако в результате не правильной деятельности человека возобновимые ресурсы могут стать невозобновимыми. Например, исчезли отдельные виды животных (тур, тарпан, стеллерова корова).

К невозобновимым ресурсам относятся залежи полезных ископаемых, т.е. богатства недр земли. При добыче полезных ископаемых необходимо стремиться к более полному извлечению их из недр и к уменьшению потерь при переработке и использовании.

Неисчерпаемые ресурсы – это космические ресурсы (солнечная радиация, морские приливы, ветер, текущая вода). Однако неисчерпаемость этих ресурсов относительна. На первый взгляд эти ресурсы таят в себе неисчерпаемые возможности. Однако многие так называемые неисчерпаемые ресурсы оказываются, в конце концов, конечными из-за того, что среда их происхождения становится зачастую непригодной для сложившегося хозяйства и жизни человека. Так, запас воды на земном шаре огромен, но пресной воды для пищевых и промышленных целей ограничен. При сильном загрязнении природной среды становятся ограниченными и малодоступными даже солнечная энергия, чистый воздух.

Природная среда стала заметно меняться за последние десятилетия в связи с возросшим масштабом воздействия человечества на внешнюю среду и экс-

плуатации природных богатств. Научно-технический прогресс характеризуется гигантским ростом потребления энергетических ресурсов, каменного угля, нефти, горюче-смазочных материалов, торфа, сланцев. Используется атомная энергия. Быстрыми темпами идет интенсификация сельского хозяйства, эксплуатация сельскохозяйственных угодий. Высокими темпами развивается промышленность органического синтеза, применение цветных металлов, рост транспортных средств, электронной и космической техники.

Научно-технический прогресс несет человечеству много благ и одновременно немало нежелательных последствий.

Надо иметь в виду, что потребность промышленности в различных видах минерального сырья должна удовлетворяться не только за счет открытия новых месторождений, но и за счет более экономичного потребления полезных ископаемых. При добыче необходимо стремиться к наиболее полной отработке месторождений, снижать потери при добыче, извлекать весь комплекс пород, представляющих ценность для промышленности, т.е. необходимо рационально использовать природные ресурсы, так как богатства природы могут быть исчерпаны, а внешняя среда из-за разрушения и загрязнения станет непригодной для обитания.

Одной из основ устойчивого развития общества является организация рационального использования и охраны земельных ресурсов, обусловленная формированием оптимальной структуры земельного фонда, экологически обоснованным и сбалансированным использованием земель, сведением к минимуму негативного воздействия на земли хозяйственного производства

Состояние почвенных ресурсов

Известно, что почва – природное образование, состоящее из связанных между собой горизонтов, формирующихся в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под действием воды, воздуха и живых организмов и обладающая свойством плодородия, т.е. способностью обеспечивать растения питательными веществами.

Почва является одной из самых огромных естественных лабораторий, в которой непрерывно протекают самые разнообразные сложные процессы разрушения и синтеза органических веществ, фотохимические процессы. Она – приемник и поглотитель различных растительных, животных, хозяйственно-бытовых и промышленных отходов, резервуар и источник многообразной микрофлоры и микрофауны, оказывает прямое и косвенное влияние на здоровье и продуктивность животных.

Основная масса почвы представляет собой сложный комплекс минеральных соединений (90-99 %) и органических веществ (1-10 %). Минеральная часть состоит в основном из песка, глины, извести и мела с входящими в них со-

лями кремния, алюминия, кальция, магния и др.; органическая часть – из гумуса (перегноя), в ней содержатся большое количество микроорганизмов.

Почва состоит из твердых частиц и свободных промежутков между ними – пор, заполненных воздухом и влагой.

Одной из постоянных частей почвы является воздух. От его удельного содержания зависят, прежде всего, процессы окисления, он постоянно обменивается с атмосферным воздухом. Этому способствуют колебания температуры и уровня грунтовых вод, барометрическое давление, отсасывающее действие ветра, атмосферные осадки и другие факторы.

Наряду с другими компонентами почва содержит и определенное количество воды, зависящее от влагоемкости почвы и климатических условий. При этом вода может находиться в химически связанном состоянии. Вода участвует в разнообразных процессах, протекающих в почве, обеспечивает необходимые условия жизни для почвенной флоры и фауны. Являясь универсальным растворителем, почвенная вода содержит органические и минеральные соединения, от которых зависит химический состав растений.

Тепловые свойства почвы оказывают влияние на температуру приземного слоя атмосферы, тепловой режим помещений, а также на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и процессы разложения органических веществ в почве.

Состав и свойства почвы в ходе почвообразовательных процессов непрерывно, хотя и медленно, меняются. Большая роль в этом отношении принадлежит человеку, который может менять ее природу и плодородие путем рациональной системы обработки, севооборотов, внесения удобрений, осушения или обводнения.

В настоящее время в связи с научно-техническим прогрессом, развитием химии и сельского хозяйства, кроме естественных эндемических почвенных регионов, появились искусственные биогеохимические районы и провинции с измененным составом и свойствами почв. Их появление связано с использованием разнообразных пестицидов, минеральных удобрений, стимуляторов роста растений и пр., а также с поступлением в почву промышленных выбросов, сточных вод и отходов, содержащих химические вещества, относящиеся к разным классам опасности.

Минеральные удобрения, вносимые в почву для повышения урожайности, содержат преимущественно азот, фосфор и калий. Большое распространение получили азотные удобрения. При умеренных дозах они не представляют опасности, но внесение азотных удобрений сверх допустимых норм, увеличивает содержание в почве нитратов и нитритов, они накапливаются в растениях и воде, ухудшают вкус пищевых продуктов и могут оказать вредное влияние на здоровье.

Особое значение имеют пестициды, обладающие большой устойчивостью к воздействию внешних факторов, благодаря чему они могут накапливаться в почвенном покрове, кумулироваться в растениях и организмах животных и по пищевым цепочкам передаваться к человеку. Бесконтрольное применение их может приводить к значительному загрязнению почвы и обуславливать существенные сдвиги биохимических и микробиологических процессов. При этом наблюдается гибель микрофлоры, играющей положительную роль в процессах самоочищения почвы. Также эти вещества из загрязненной почвы могут мигрировать в грунтовые воды, открытые водоемы, атмосферный воздух, растения и, таким образом, отрицательно влиять на флору и фауну.

Ядерные взрывы в открытой атмосфере способствовали загрязнению поверхности планеты искусственными долго живущими радиоактивными изотопами. Мощное загрязнение почвы радионуклидами произошло во время аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Радионуклиды почвы участвуют во внешнем облучении организма человека, а в случае поступления с растительной и животной пищей обуславливают и внутреннее облучение.

Биологические свойства почвы

Живые организмы почвы представлены в основном микроорганизмами, общее число которых достигает 2 млрд. на 1 га почвы. Среди микроорганизмов встречаются грибы, водоросли, бактерии, простейшие и вирусы. Кроме того, в почве обитают черви, личинки и куколки членистоногих, паукообразные, насекомые, кроты, мыши. Количество живых организмов в почве меняется как в качественном, так и в количественном отношении и зависит от гранулометрического состава, химических свойств, температурного режима почвы, солнечной радиации и аэрации.

Непосредственно на поверхности почвы количество бактерий сравнительно невелико, что объясняется действием солнечного света и высыханием почвы. Количество микроорганизмов резко возрастает, начиная с глубины 1 см, достигая максимума на глубине 10 см. В дальнейшем, по мере углубления в почву, количество бактерий быстро убывает. Так, уже на глубине 25 см количество бактерий в 10-20 раз меньше, чем на глубине 1-2 см. Это объясняется тем, что бактерии задерживаются в поверхностных слоях почвы в процессе фильтрации, а также тем, что по мере углубления в почву уменьшается содержание органических веществ, являющихся питательной средой для бактерий, и снижается содержание кислорода, что представляет особое значение для жизнедеятельности аэробных форм. В почвах с хорошей фильтрующей способностью на глубине 3-4 м и более бактерии обычно не обнаруживаются. Сравнительно низкая температура относительно глубоких слоев почвы также является неблагоприятной для жизнедеятельности бактерий.

В поверхностных слоях почвы (особенно в крупнозернистых песчаных почвах) создаются более благоприятные условия для развития аэробных микробов, а в более глубоких слоях (особенно в мелкозернистых влагоемких почвах) содержание кислорода меньше, вследствие чего в этих условиях в почве преобладают анаэробы. В щелочных почвах обитают в основном бактерии, а кислых – плесневые грибы.

Микроорганизмы играют исключительно важную роль в процессах самоочищения почвы. Процессы минерализации органических веществ, поступающих в почву в больших количествах от животноводческих объектов и в результате производственной и бытовой деятельности человека, могут протекать под влиянием бактерий в аэробных и анаэробных условиях. Одни бактерии для своего развития могут использовать органические (белки, жиры, углеводы), другие – минеральные соединения. Бактерии нитрофикаторы окисляют аммиак до нитритов и нитратов, железобактерии превращают соли закиси железа в гидрат окиси, серобактерии окисляют соединения серы в сульфаты и в сульфиты. Благодаря этим процессам в почве совершается круговорот веществ. При участии микроорганизмов происходит превращение веществ в такую форму, в которой их могут использовать корни растений для питания. Без участия почвенной микрофлоры невозможно добиться повышения плодородия почв.

Кроме постоянно содержащихся сапрофитов, в почве могут быть и патогенные микроорганизмы. Попадают они в почву с выделениями больных животных, навозом, трупами, органическими отбросами, сточными водами животноводческих предприятий. Патогенные микроорганизмы, содержащиеся в почве, делятся на две группы: постоянно обитающие в почве и временно находящиеся в ней. К первой группе относятся возбудители сибирской язвы, столбняка, газовой гангрены, ботулизма, злокачественного отека, эмфизематозного карбункула и др. Болезни, вызываемые этими возбудителями, получили название почвенных инфекций, так как заражение ими происходит через почву, чаще всего на пастбищах. Во вторую группу входят возбудители кишечных инфекций, туберкулеза, бруцеллеза, ящура, рожи свиней, пуллороза птицы, мыта лошадей и др.

Для жизнедеятельности и размножения патогенных микроорганизмов почвенные условия неблагоприятны, поскольку их рост возможен лишь при определенной температуре и в соответствующей среде. Необходимо также учитывать и губительное действие на них солнечных лучей, высыхания и антагонизма микроорганизмов. Поэтому, попав в почву, многие патогенные микробы погибают или видоизменяются, хотя некоторые из них и сохраняют болезнетворные свойства в течение длительного времени. Особенно устойчива споровая микрофлора (20-25 лет).

С испражнениями животных в почву попадают яйца гельминтов, заро-

дыши возбудителей мониезиоза, диктиокаулеза и др. Почва как раз та среда, в которой проходит часть жизненного цикла паразитов. Она играет большую роль в распространении геогельминтов, в особенности аскарид, власоглавов, остриц и др.

Одна самка аскарид за сутки откладывает в кишечнике животных десятки тысяч яиц, которые затем выделяются с фекалиями. Непосредственно на поверхности почвы вследствие высокой температуры (летом), отсутствия влаги и воздействия ультрафиолетовых лучей солнечного света яйца аскарид погибают в течение 7-120 часов, но на глубине 2,5 – 10 см яйца аскариды могут сохранять свою жизнеспособность до года.

Почва также имеет большое значение в распространении так называемых биогельминтов – свиного и бычьего цепней. Из кишечника зараженного человека вместе с фекалиями яйца этих гельминтов могут попадать в почву, на растения и в естественные водоисточники, используемые для кормления и поения крупного рогатого скота и свиней. В кишечнике этих животных они превращаются в личинки, которые поселяются главным образом в мышцах. Человек, употребляя недостаточно обезвреженную говядину и свинину, заражается личиночной стадией этих биогельминтов.

В почве развиваются и паразитические насекомые – мухи, мошки, слепни, оводы. Она служит местом обитания и размножения грызунов, являющихся источниками таких инфекций, как бешенство, чума, туляремия и др.

Деградация и эрозия почвенного покрова

Деградация земель происходит в результате водной и ветровой эрозии, химического загрязнения земель в населенных пунктах, вдоль дорог, в зонах воздействия полигонов промышленных и коммунальных отходов, трансформации и ухудшения свойств осушенных торфяных почв и дерново-подзолистых почв при их длительном сельскохозяйственном использовании, а также в результате добычи полезных ископаемых, культуртехнических работ, дорожного, городского и других видов строительства, нерационального использования земель лесного фонда.

Из всех видов деградации земель наиболее выражена водная и ветровая эрозия (дефляция).

Водная и ветровая эрозия почв наносит существенный экономический и экологический ущерб, ее последствия приводят к разрушению почвенного покрова и, как следствие, к ухудшению физических, агротехнических и биологических свойств почв.

В целях борьбы с эрозией почв необходимо осуществлять систему организационно-хозяйственных, технологических, агротехнических, лесо- и гидро-мелиоративных противоэрозионных мероприятий, выполнение которых будет

способствовать сохранению и восстановлению эродированных почв.

Организационные мероприятия. В первую очередь ставят перед собой задачу правильно организовать территорию. Необходимо изучить рельеф почвы, растительность, характер сельскохозяйственных угодий. При организации территории важно правильно разместить различные угодья, лесные насаждения, организовать правильный севооборот, чтобы предотвратить дальнейшее развитие эрозии.

Агротехнические мероприятия. На пахотных землях главная задача по борьбе с эрозией – это водозадержание и регулирование поверхностного стока. Агротехническими правилами обработки земли запрещается вспашка вдоль склона, если он составляет с линией горизонта угол свыше $6-10^{\circ}$. На таких склонах пахать можно только в горизонтальном направлении. Благодаря этому каждая борозда поглощает дождевые и снеговые воды и тем самым препятствует смыву мелких и наиболее плодородных частиц почвы.

На склонах, подверженных водной эрозии, необходимо практиковать полосное земледелие, при котором полосы, отведенные под сельскохозяйственные культуры, чередуются с полосами, засаженными кустарниками, древесными породами, травами. Эти зеленые полосы поглощают воды, стекающие со склонов.

Большую роль в борьбе с эрозией почв играет снегозадержание, регулирующее накопление и таяние снега. Почва под обильным снеговым покровом меньше промерзает и ранней весной лучше поглощает и удерживает обильные талые воды. Тем самым уменьшается разрушительное действие этих вод.

Агробиологические мероприятия. Самыми лучшими защитниками почвы являются растения. Травы скрепляют почву корнями и препятствуют ее размыванию, деревья прикрывают почву от ветра и защищают ее от размыва водой, так как под деревьями почва впитывает воду лучше, чем на полях. Деревья помогают останавливать рост оврагов. Вода, проникающая в глубину почвы, питает потом реки, ручьи, озера, ключи.

Агрохимические мероприятия. Внесение удобрений - мощный фактор повышения плодородия смытых почв. Особенно отзывчивы эродируемые почвы на внесение органических удобрений: навоза, торфа, компоста, птичьего помета. Удобрения улучшают свойства почвы, а это способствует устойчивости почв против эрозии. Зеленые удобрения — хорошее средство обогащения почв органическим веществом и улучшения ее свойств. Для этой цели используют люпин, вику, бобы. Это самая дешевая и доступная форма быстрого обогащения почв азотом. После такого агрохимического приема можно переходить к выращиванию более требовательных культур. Минеральные удобрения способствуют лучшему развитию надземной массы и мощной корневой системы, которые задерживают выпадающие осадки и прекращают поверхностный сток. В борьбе с эрозией большую роль играет и севооборот.

Лесомелиоративные мероприятия. Лес - мощное средство борьбы с эрозией. Лесные полосы регулируют водный режим почвы, защищают растущие на полях культуры от ветров. Лесная подстилка уменьшает глубину промерзания почвы и увеличивает водопоглощение. Сплошное лесоразведение требуется на бедных, малопродуктивных песках. На более плодородных песчаных почвах целесообразно практиковать полосное лесоразведение. Для борьбы с оврагами создаются специальные овражно-балочные лесные насаждения.

Гидротехнические мероприятия. Предназначены для защиты склонов от смыва и размыва. Наиболее доступные простейшие гидротехнические сооружения из местных материалов (хвороста, древесины, камня) - это запруды, плетни, перемычки, перепады.

Экологическая ситуация в условиях интенсивной мелиорации земель

Расширение площадей сельскохозяйственных угодий, особенно пахотных, базируется на так называемом мелиоративном фонде – группе земель сельскохозяйственного пользования, обладающих низкой продуктивностью.

Мелиорация – это комплекс мероприятий по коренному улучшению земли и изменению неблагоприятных для земледелия природных факторов в целях сохранения и повышения плодородия почвы.

В зависимости от задач мелиорация подразделяется на следующие виды:

1) сельскохозяйственная гидрологическая мелиорация – направлена на регулирование водного, воздушного, теплового режимов почв (осушительные и оросительные мелиорации);

2) лесная мелиорация – система мероприятий, направленных на улучшение почвенных, климатических, гидрологических условий выращивания сельскохозяйственных культур с помощью защитных лесных насаждений. Лесные насаждения способствуют улучшению микроклимата, снегораспределения, преодолению эрозии, улучшению водного режима.

Для борьбы с водной эрозией лесные насаждения стали применять сравнительно недавно. Противозерозионное их действие объясняется более высокой водопроницаемостью почв под лесом, чем в поле;

3) противозерозионная мелиорация – система мероприятий по регулированию почвенного стока воды, снижению скорости ветра, защите почв от водной, ветровой эрозий. К их числу относятся контурная обработка почвы, почвоуглубление, глубокое рыхление, окучивание, прерывистое бороздование, лункование, гребнистая вспашка, кротование, мульчирование, залужение ложбин и промоин.

Если для предотвращения эрозии почв недостаточно организационно-хозяйственных мер, применяют гидротехнические. Противозерозионные гидро-

технические сооружения устраивают перед вершинами, в вершинах оврагов, по их дну, по берегам рек и т.д. Так, закрепление дна оврагов осуществляется посредством различных запруд, а для задержания поверхностного стока устраивают валы-террасы перед вершинами оврагов;

4) культуртехническая мелиорация – создание условий для высокопроизводительного использования сельскохозяйственной техники на полях, окультуривание почвы путем очистки от камней, пней, кочек, планировки поверхности;

5) химическая мелиорация – известкование кислых почв, гипсование засоленных почв. В условиях интенсивного земледелия при использовании большого количества удобрений, особенно азотных, и при возросшем выносе кальция происходит подкисление почв.

На части кислых почв с низкой обеспеченностью фосфором целесообразно применение фосфоритной муки, мелкозалежных месторождений фосфоритов, отходов промышленности и тепловых электростанций;

7) песчаная мелиорация – система мероприятий по закреплению песков и повышению их плодородия. Она включает, помимо орошения и осушения, агролесомелиорацию, агрохимическую и биологическую мелиорации. Комплексное сельскохозяйственное освоение песков возможно лишь при правильном ведении севооборотов, осуществлении системы полевых защитных полос, современной агротехнике.

Каждый вид мелиорации выполняет целевую задачу и осуществляется на землях определенного мелиоративного фонда. Например, осушительная мелиорация – на переувлажненных, заболоченных землях, оросительная – на почвах, где есть недостаток влаги.

Вместе с тем мелиорация земель позволяет привести в соответствие требования сельскохозяйственных культур к почвенно-климатическим условиям. Благодаря мелиорации, стало возможным продвижение сельскохозяйственных культур в новые районы. Применяя комплекс мелиоративных мероприятий человек превращает ранее бесплодные и низкоплодородные земли в высокопродуктивные.

Необходимость проведения мелиорации определяется природно-климатическими условиями и уровнем развития общественного производства. По мере роста населения и увеличения потребности общества в продуктах питания и промышленности в сырье мелиорация становится все нужнее. При этом и характер необходимых мелиоративных мероприятий меняется в соответствии с потребностями общественного производства.

Мелиорация оказывает большое влияние на микроклимат, почву, растительность и весь природный комплекс территории, в том числе на водный режим прилегающих территорий, водоснабжение населенных пунктов, расти-

тельный и животный мир этих территорий, сток и т.д. В связи с этим в последнее время появились мнения об отрицательном влиянии мелиорации земель на окружающую среду, ставящие под сомнение проведение в широких масштабах этого мероприятия.

Природа изменяется, а тем более там, где вмешивается человек. Бесспорно и то, что влияние мелиорации на окружающую среду может быть положительным или отрицательным. Более того, отрицательное и положительное воздействие чаще всего проявляется одновременно в приложении к различным объектам природы.

В процессе осушения переувлажненных и торфяно-болотных почв изменение водного режима приводит к изменению теплового режима территории. Осушительная мелиорация в регионе, где три четверти земель сельскохозяйственного назначения переувлажнены, была неизбежной для развития сельского хозяйства и защита населения от частых разрушительных паводков.

Однако мелиоративные работы, особенно в начальной их стадии в 70-е годы, проводились без учета экологических условий и требований охраны природных комплексов. Осушение более миллиона гектаров полесских болот оказало иссушающее воздействие на почвы и привело к учащению атмосферных засух, а также поздневесенних и ранневесенних заморозков. Это сильно усложняет ведение сельского хозяйства, хотя именно с этой целью и осушились обширные болотные условия. Изменение температурного режима торфяных почв обусловлено тем, что с понижением влажности и плотности торфа резко изменяется соотношение между его твердой, жидкой и газообразной фазами.

Вместо больших расходов тепла на испарение оно расходуется на прогревание почвы. Этому способствует то, что удельная теплопроводность осушенной почвы меньше, чем неосушаемой. Большое нагревание поверхности осушаемой почвы обуславливает увеличение потоков тепла в атмосферу. От поверхности нагретой почвы нагревается приземный слой воздуха. Таким образом, изменяется микроклимат и местный климат осушаемой почвы, нижнего слоя атмосферы. Тепловые свойства торфа увеличивают вероятность заморозков, их интенсивность и продолжительность. Так, на осушенных и освоенных болотах заморозки на 3-4⁰ ниже, чем на неосушенных.

Осушительной мелиорацией регулируется водный режим почвогрунтов, что обеспечивается регулированием поверхностного и внутригрунтового стоков, уровнем грунтовых вод.

Осушительные мелиорации обеспечивают регулирование водного режима территории следующими методами:

- 1) регулирование поверхностного стока с помощью открытых каналов и дренажа;
- 2) регулирование стока и притока грунтовых вод закрытым или откры-

тым дренажем, регулирование притока грунтовых вод сверху – ловчими каналами или дренами, снизу – береговыми дренами.

В результате осушительной мелиорации поддерживается заданная влажность почвы и ее аэрация.

Негативными последствиями осушительной мелиорации являются:

1) возрастание в 2,5-5 раз густоты гидрографической сети;
2) возрастание в 1,5-2 раза минимальных и суточных расходов воды на сток;

3) строительство дренажа вызывает снижение уровней грунтовых вод на прилегающей территории. В зависимости от гидрологических условий оно может происходить от 1,0-1,2 м у границы осушаемого участка до 5-10 м на расстоянии до 3 км от него;

4) на осушенных землях в сухие годы наблюдается падение урожаев из-за падения уровней грунтовых вод. Поэтому целесообразно вернуть сбрасываемую воду полям, для чего необходимо строить водохранилища для повторного использования воды.

Мелиоративные мероприятия, создавая благоприятные условия для выращивания культурных растений, могут отрицательно влиять на естественную растительность, вызывая изреживание лесов на прилегающих к объекту территориях, исчезновение ягодников, дикорастущих лекарственных растений, перерождение растительных сообществ.

На территориях с высокой степенью сосредоточения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений, а также ценных технологических и лекарственных биоценозов обеспечивают сохранение в целом природного комплекса инженерных мероприятий или созданием заповедников.

Самоочищение почвы

Попавшие в почву со сточными водами или твердыми отходами органические вещества, содержащие белки, жиры, углеводы и продукты их обмена, подвергаются распаду вплоть до образования неорганических веществ – процесс минерализации. Благодаря ему недоступные или малодоступные для корневой системы органические вещества переходят в усвояемую форму и таким образом обеспечивают плодородие почвы. С другой стороны, перевод органических соединений в минеральные связан с очищением почвы и освобождением ее от органических отходов.

Параллельно в почве происходит процесс синтеза нового сложного органического вещества, получившего название гумуса. Процесс синтеза почвенного вещества называется гумификацией, а оба биохимических процесса (минерализации и гумификации), направленные на восстановление первоначального состояния почвы, получили название процесса самоочищения почвы.

Механизм самоочищения почвы весьма сложен, причем для его развития имеет значение гранулометрическая структура почвенного покрова, его химический состав, физические свойства и вся совокупность живых организмов.

Процесс самоочищения почвы начинается с того, что попавшие в почву органические вещества вместе с содержащимися в них бактериями и яйцами гельминтов частично задерживаются, фильтруясь через почву и адсорбируются ею. Под влиянием биохимических, микробиальных и других процессов стоки, проходя через почву, обесцвечиваются, теряют дурной запах, ядовитость и другие свойства, претерпевая радикальные изменения в химическом составе.

Разложение и минерализация органических веществ происходит при деятельном участии микрофлоры почвы, причем этот процесс может протекать аэробно – при обилии кислорода воздуха, необходимого для жизни аэробных бактерий, и анаэробно – без кислорода, с помощью гнилостных бактерий.

Все вещества попадают в микробную клетку путем осмотического всасывания через мельчайшие поры оболочки (мембрану). Эти поры так малы, что большие молекулы (белки, жиры, углеводы) через них не проникают. Поступление их в микробную клетку возможно лишь после превращения в более простые молекулы (аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты). Для осуществления такого способа питания в процессе эволюции у микроорганизмов выработалась способность выделять в окружающую среду гидролитические ферменты, которые подготавливают содержащиеся в ней сложные вещества к усвоению микробной клеткой. Ферменты микроорганизмов по характеру действия делятся на две группы: экзоферменты, действующие вне клетки и участвующие в подготовке питательных веществ для усвоения их клеткой; и эндоферменты, действующие внутри клетки для усвоения пищи.

Углеводы, попавшие в почву с отходами или сточными водами, в аэробных условиях благодаря деятельности микроорганизмов подвергаются превращениям, в результате которых происходит синтез гликогена микробной клетки, образуются вода и CO_2 , выделяется энергия.

Расщепление жиров в почве происходит очень медленно, так как жиры мало подвержены процессам биохимического разрушения. В аэробных условиях этот процесс протекает с образованием липидов микробной клетки и выделением воды, CO_2 , энергии.

Сложные молекулы белка (пептиды) под влиянием ферментов, выделяемых микроорганизмами, расщепляется до альбуминов и пептонов, а затем до аминокислот. Часть аминокислот используется как пластический и энергетический материал размножающимися микроорганизмами, а часть подвергается дезаминированию с образованием аммиака, воды и CO_2 . В аэробных условиях образовавшийся аммиак растворяется в воде, получается гидроксид аммония. Большая часть аминокислот, образовавшихся из белков отходов при их рас-

щеплении, используется как пластический материал для биосинтеза микроорганизмов. В дальнейшем при отмирании этих микроорганизмов образуется гумус почвы, являющийся ценным питательным веществом для растений. Растительные соединения (клетчатка, лигнин) при разложении в почве также образуют гумус. Гумус не издает зловонного запаха, не привлекает мух и не имеет живых возбудителей инфекций.

Азотсодержащие органические вещества попадают в почву не только в виде белка, но и в виде аминокислот и продуктов белкового обмена, в частности мочевины. Мочевина под влиянием уробактерий и их фермента уреазы гидролизуется и также образуется аммоний. Образовавшийся аммоний в дальнейшем подвергается биохимическому окислению при помощи аэробных бактерий. Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы: в первой фазе аммонийные соли превращаются в азотистые соединения (нитриты) при участии бактерий из рода *V. Nitrosomonas*, во второй – в азотные соединения (нитраты) под влиянием бактерий из рода *V. Nitrobacter*. А при взаимодействии нитратов с калием, натрием и другими элементами образуются соли, доступные для усвоения растениями.

Таким образом, азотная кислота в виде минеральных солей (нитратов) является конечным продуктом окисления белковых веществ и продуктов обмена в животном и растительном организмах.

Одновременно с окислительными процессами в почве происходят и восстановительные процессы, то есть денитрификация. В щелочной среде и при широком доступе воздуха восстановительный процесс не идет дальше образования солей азотистой кислоты; в кислой среде и при затрудненном притоке кислорода восстановление идет до аммиака.

Гигиеническое значение денитрификации весьма важно в связи с тем, что этот процесс при работе сооружений по почвенной очистке может стать преобладающим, например, в начальный период эксплуатации орошения. Положительным моментом в этом процессе является то, что при дефиците кислорода воздуха используется кислород нитратов, чем предотвращается загрязнение ими подземных вод. Судьба нитратов, образовавшихся при биохимическом окислении органических веществ, сводится к тому, что часть из них усваивается корнями растений, часть подвергается денитрификации и, наконец, используется для синтетических процессов микроорганизмами.

Если в почве обезвреживание органического вещества сточных вод в основном осуществляется путем биохимических процессов минерализации, нитрификации, денитрификации и лишь незначительно за счет процессов гумификации, то обеззараживание органических веществ из твердых отходов, осадка сточных вод и активного ила в искусственных сооружениях осуществляется главным образом за счет гумификации при участии термофильных микроорга-

НИЗМОВ.

По мере самоочищения почвы от органических загрязнений в ней снижается и общее количество микробов, особенно неспорозоносных патогенных. Этому способствуют конкуренция со стороны сапрофитов, бактерицидное влияние солнечной радиации, действие бактериофагов и антибиотиков.

В природе многие виды микроорганизмов выполняют весьма важные санитарно-оздоровительные функции. Например, гнилостные микробы являются естественными “чистильщиками” внешней среды. Разлагая трупы животных, погибших от заразных болезней, и вырабатывая продукты гниения, они способствуют отмиранию большинства патогенных микробов.

Некоторые почвенные микроорганизмы продуцируют антибиотические вещества, являющиеся губительными для других видов микробов. Наличие этих веществ способствует относительно быстрой гибели патогенных микробов, попавших в почву. Установлено, что чем больше в почве имеется микроорганизмов, тем быстрее наступает гибель патогенной микрофлоры. Особенно интенсивное санирование почвы происходит в зоне ризосферы растений (ежа сборная, лисохвост, донник, крестоцветные – рапс яровой и озимый, сурепица, масленичная редька и др.), где около корней и особенно из мелких разветвлений почвенные микробы находят для своего развития благоприятную среду. Происходит это от того, что вокруг корней растений в почве скапливаются органические соединения, выделяемые этими растениями, являющиеся питательной средой для почвенной микрофлоры. Там же микробы используют благоприятные для своего размножения корневые волоски и отмершие клетки эпидермиса корней.

Сроки, в течение которых происходит самоочищение почвы, различны и определяются строением почвы (в крупнозернистых почвах процессы самоочищения проходят быстрее), воздушным, водным и тепловым режимами почвы и количеством загрязнений. Нельзя забывать и том, что самоочистительная способность почвы ограничена. Это объясняется тем, что чрезмерное ее загрязнение может вызвать гибель всей полезной почвенной микрофлоры.

Охрана земельных ресурсов

Рационализация использования и охраны земель во всех отраслях народного хозяйства и у всех видов собственников на землю в перспективе приобретает особую значимость в связи с тем, что в землепользовании страны, наряду с проблемами загрязнения и нарушения почвенного покрова, наблюдается тенденция сокращения площадей сельскохозяйственных угодий. Для обеспечения устойчивого экономического развития страны землепользование должно осуществляться способами, исключающими деградацию почвенного покрова, снижение плодородия земли и ее загрязнение. В целях рационального использова-

ния и охраны земель, а также дальнейшего формирования нормативно-правовой базы землепользования необходимо в перспективе предусмотреть:

- совершенствование земельных отношений по пути развития различных форм собственности на землю;
- развитие автоматизированной системы государственного земельного кадастра, отвечающего международным стандартам, и улучшение системы государственного контроля за использованием и охраной земель;
- соблюдение почвозащитной системы земледелия, включая проведение соответствующих организационных, агротехнических, мелиоративных и других мероприятий по повышению почвенного плодородия;
- улучшение экологического состояния территорий с высокой антропогенной нагрузкой, в том числе уменьшение загрязнения почв выбросами промцентров и автотранспорта, а также токсическими веществами (тяжелыми металлами, пестицидами и т.п.);
- восстановление нарушенных земель путем проведения рекультивационных работ, объемы которых, к сожалению, снижаются из-за недостаточности финансирования;
- осуществление на загрязненных радионуклидами землях всего комплекса защитных мер в соответствии с нормативными документами, регламентирующими ведение на них сельского и лесного хозяйства.

Правовые нормы по охране земельных ресурсов содержится в основах гражданского, земельного и лесного законодательства, а также в уголовных кодексах.

6. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА

Состояние водных ресурсов РФ

Российская Федерация входит в группу стран мира, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Водные ресурсы России представлены хорошо развитой речной сетью и системой озёр, относящихся к бассейнам Атлантического, Северного Ледовитого и Тихого океанов, а также к бессточным бассейнам (Каспий, озёра Убсу-Нур, Чаны, Кулундинское, Сарталан и другие). Водные ресурсы России сосредоточены в реках и озёрах, болотах, ледниках и снежниках, а также в подземных водах (включая льды зоны многолетней мерзлоты).

Мировые запасы воды слагаются из статических (вековых) запасов, которые, по сути, являются стратегическим водным резервом, и динамических (возобновляемых) запасов, которые можно использовать в хозяйственной деятельности.

Общий объём статических водных ресурсов России оценивается приблизительно в 88,9 тыс. км³ пресной воды, из них значительная часть сосредоточена в подземных водах, озёрах и ледниках, оценочная доля которых составляет 31%, 30% и 17% соответственно. Доля российских статических запасов пресной воды в общемировых ресурсах в среднем составляет около 20% (без учёта ледников и подземных вод). В зависимости от типа водных источников данный показатель меняется от 0,1% (для ледников) до 30% (для озёр).

Динамические запасы водных ресурсов России составляют 4 258,6 км³ в год (более 10% мирового показателя), что делает Россию второй страной в мире по валовому объёму водных ресурсов после Бразилии. При этом по такому показателю как обеспеченность водными ресурсами Россия занимает 28-е место в мире (30,2 тыс. м³ в год на душу населения).

Россия располагает значительными водными ресурсами и использует ежегодно не более 2% их динамических запасов; при этом целый ряд регионов испытывает дефицит в воде, что связано, главным образом, с неравномерным распределением водных ресурсов по территории страны – на наиболее освоенные районы Европейской части России, где сосредоточено более 80% населения, приходится не более 10–15% водных ресурсов.

Речная сеть России – одна из самых развитых в мире: на территории государства насчитывается около 2,7 млн рек и ручьев.

Свыше 90% рек принадлежат бассейнам Северного Ледовитого и Тихого океанов; 10% – бассейну Атлантического океана (Балтийский и Азово-Черноморский бассейны) и бессточным внутренним бассейнам, крупнейший из которых – бассейн Каспийского моря. При этом в регионах, относящихся к бас-

сейнам Каспийского моря и Атлантического океана, проживает около 87% населения России и сосредоточена основная часть хозяйственной инфраструктуры, производственных мощностей промышленности и продуктивных сельскохозяйственных угодий.

На территории Российской Федерации насчитывается более 2,7 млн озёр суммарной площадью водного зеркала свыше 409 тыс. км². При этом около 98% озёр – небольшие (менее 1 км²) и мелководные (глубина 11,5 м), лишь 11 озёр имеют площадь зеркала, превышающую 1 тыс. км² (включая Каспийское море); большая часть озёр имеет ледниковое происхождение. На территории России находятся в эксплуатации около 2700 водохранилищ ёмкостью свыше 1 млн м³ суммарным полезным объёмом 342 км³, причём более 90% их числа приходится на водохранилища, имеющие ёмкость свыше 10 млн м³. На подземные воды приходится значительная часть запасов пресной воды на территории России. В условиях нарастающего ухудшения качества поверхностных вод пресные подземные воды – нередко единственный источник обеспечения населения питьевой водой высокого качества, защищённый от загрязнения.

Естественные запасы подземных вод России – около 28 тыс. км³; прогнозные ресурсы, по данным государственного мониторинга состояния недр, составляют около 869 055 тыс. м³/сутки – от приблизительно 1 330 тыс. м³/сутки в Крымском до 250 902 тыс. м³/сутки в Сибирском федеральном округе.

Средняя обеспеченность прогнозными ресурсами подземных вод по России – 6 м³/сутки на человека.

Ключевым документом водного законодательства России является принятый в 2006 г. Водный кодекс Российской Федерации – нормативно-правовой акт, регулирующий отношения в сфере водопользования.

В соответствии со статьей 2 Водного кодекса водное законодательство России состоит из самого Кодекса, других федеральных законов и принимаемых в соответствии с ними законов субъектов Российской Федерации, а также подзаконных актов, принимаемых органами исполнительной власти.

Использование водных ресурсов

Интенсивное развитие промышленности и сельскохозяйственного производства, повышение уровня благоустройства городов и населенных пунктов, значительный прирост населения обусловили в последние десятилетия дефицит и резкое ухудшение качества водных ресурсов практически во всех регионах России.

Одним из основных путей удовлетворения потребностей общества в воде является инженерное воспроизводство водных ресурсов, т.е. их восстановление и приумножение не только в количественном, но и в качественном отношении.

Оборотные и замкнутые водохозяйственные системы. Перспективы рационального воспроизводства технологического расхода воды связаны с созданием на предприятиях систем повторно-последовательного, оборотного и замкнутого водоснабжения. В их основу положено удивительное свойство воды, позволяющее ей не изменять своей физической сущности после участия в производственных процессах.

Промышленность России характеризуется высоким уровнем развития систем оборотного водоснабжения, за счет которых экономия свежей воды, расходуемой на производственные нужды, составляет в среднем 78%. Лучшие показатели использования оборотных систем имеют предприятия газовой (97%), нефтеперерабатывающей (95%) отраслей, черной металлургии (94%), химической и нефтехимической (91%) промышленности, машиностроения (85%).

Максимальные расходы воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения характерны для Уральского, Центрального, Поволжского и Западно-Сибирского экономических районов. В целом по России соотношение объемов использования свежей и оборотной воды составляет соответственно 35,5 и 64,5%.

Широкое внедрение совершенных водооборотных систем (вплоть до замкнутых) способно не только решить проблему водообеспечения потребителей, но и сохранить природные водоисточники в экологически чистом состоянии.

3.2 Коммунальное водоснабжение

Коммунальное хозяйство России обеспечивает потребность в воде городского населения, коммунальных, транспортных и прочих непромышленных предприятий, а также расходы воды на благоустройство населенных пунктов, полив улиц и тушение пожаров.

Отличительная особенность коммунального хозяйства - постоянство водопотребления и жесткие требования, предъявляемые к качеству воды.

Основной объем (84-86%) потребляемой воды используется для хозяйственно-питьевых нужд населения, в среднем по России удельное водопотребление на одного городского жителя составляет 367-369 л/сут.

Около 99% городов, 82% поселков городского типа, 19,5% населенных пунктов в сельской местности обеспечены централизованным водоснабжением.

В поверхностные водные объекты предприятиями отрасли отводится около 13 км³/год сточных вод, по разным причинам в структуре сбрасываемых вод преобладают недостаточно очищенные. В целом по стране через системы очистных сооружений предварительно пропускается около 70% всей подаваемой воды.

Из-за неблагоприятного состояния источников питьевого водоснабжения и несовершенства системы водоподготовки не теряет своей остроты проблема качества воды. Стандартные сооружения очистки, включающие двухступенчатую схему осветления, обесцвечивания и обеззараживания не справляются с возрастающими нагрузками новых загрязнителей (тяжелых металлов; пестицидов, галогенсодержащих соединений, фенолов, формальдегидов). Хлорирование воды, содержащей органические вещества, накапливающиеся в водных источниках, приводит к ее вторичному загрязнению и образованию канцерогенных хлорорганических соединений.

Около 70% промышленных предприятий сбрасывают в коммунальную канализацию сточные воды, в которых, в частности, содержатся соли тяжелых металлов и ядовитые вещества. Осадок, образующийся при очистке таких сточных вод, не может быть использован в сельском хозяйстве, что создает проблемы с его утилизацией.

Промышленное водоснабжение. Промышленное водоснабжение, обеспечивающее функционирование технологических процессов, является ведущим направлением водопользования. Системы промышленного водоснабжения включают в себя гидротехнические сооружения по забору технической воды и доставке ее предприятиям, а также системы водоподготовки.

Промышленный потенциал каждого экономического района Российской Федерации представлен практически всеми основными отраслями. Есть и такие районы, где преимущественно сконцентрированы совершенно определенные отрасли промышленности. Например, 46% объема производства легкой промышленности сосредоточено в Центральном экономическом районе, на долю Уральского экономического района приходится около 70% продукции черной и цветной металлургии, на долю Западно-Сибирского - 46% топливной промышленности.

Объемы водопотребления зависят от структуры промышленных предприятий, уровня технологии, выполняемых мероприятий по экономии воды. Наиболее водоемкими отраслями являются теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, машиностроение, нефтехимическая и деревообрабатывающая промышленность. На долю самой водоемкой отрасли - электроэнергетики - приходится около 68% суммарного потребления свежей и 51% - оборотной воды.

Так как большинство промышленных объектов сосредоточено в крупных городах, в России преимущественное развитие получили объединенные промышленно-коммунальные системы водоснабжения, что, в свою очередь, приводит к неоправданно высоким расходам на промышленные нужды воды питьевого качества (до 30-40% суточной подачи городских водопроводов).

Предприятия промышленности являются основным источником загрязнения поверхностных вод, ежегодно сбрасывая большое количество отработанных сточных вод. Особенно разнообразны по своим свойствам и химическому составу сточные воды химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и угольной промышленности. Несмотря на достаточную мощность очистных сооружений, только 83-85% отводимых сточных вод соответствуют нормативным требованиям. В структуре отводимых вод, содержащих загрязняющие вещества выше нормативного уровня, сброс без очистки составляет в настоящее время 23%, остальные воды сбрасываются недостаточно очищенными.

Сельскохозяйственное водоснабжение. В сельской местности водоснабжение осуществляется главным образом по локальным системам и путем индивидуального обеспечения водопользователей. Системы локального водоснабжения в очень сильной степени зависят от качества воды в источниках и, в случае необходимости, оборудуются специальными сооружениями. В районах с высокой плотностью сельского населения применяются групповые системы.

Для нужд отрасли из природных водных источников забирается около 28% суммарного объема изъятия воды.

Среди сельскохозяйственных отраслей основным потребителем свежей воды и крупным загрязнителем поверхностных водоемов, сбрасывающим через коллекторно-дренажную сеть неочищенные сточные воды, является орошаемое земледелие. Серьезную опасность для поверхностных водоемов представляет вынос с сельскохозяйственных полей удобрений и ядохимикатов.

Другим крупным водопотребителем и мощным источником загрязнения поверхностных и подземных вод являются животноводческие комплексы по выращиванию крупного рогатого скота, свиней, птицы. Очистка животноводческих сточных вод связана с большими трудностями, поскольку перед сбросом в водные объекты их необходимо длительное время выдерживать в прудах-накопителях.

Водный транспорт. Водный транспорт является едва ли не самым древним водопользователем. По внутренним водным путям России (рекам, озерам, водохранилищам, каналам), имеющим общую протяженность свыше 400 тыс. км, перевозится до 50 млн. т грузов.

При использовании рек и других водных объектов для судоходства необходимо поддерживать на них гарантированные глубины, режим стока и прочие условия, обеспечивающие бесперебойную работу водного транспорта в навигационный период.

В ряде случаев интересы водного транспорта вступают в противоречия с интересами других водопользователей и водопотребителей, таких как водоснабжение, орошение, гидроэнергетика. Например, гидростроительство, с од-

ной стороны, позволяет увеличить глубину и ширину водного пути, ликвидировать пороги, а с другой - вносит серьезные осложнения в работу водного транспорта за счет сокращения продолжительности навигационного периода, резких суточных и недельных колебаний расходов и уровней воды в нижних бьефах гидроэлектростанций.

Водный транспорт, не предъявляя высоких требований к качеству воды, является одним из значительных источников загрязнения водных объектов нефтепродуктами и взвешенными веществами.

Весьма неблагоприятное воздействие на экологическое состояние водоемов оказывает лесосплав, изменяя естественное состояние русел, засоряя водные объекты затопленной древесиной, разрушая нерестовые участки.

Рыбное хозяйство. Рыбное хозяйство непосредственно связано с использованием водных ресурсов и предъявляет очень высокие требования к их режиму, количественному и качественному состоянию.

Для успешного воспроизводства и нормального развития рыбы необходимы чистая вода с достаточным количеством растворенного кислорода и отсутствием вредных примесей, соответствующая температура и обеспеченность кормами.

Нормативы качества воды для рыбохозяйственных объектов более строгие, чем для источников питьевого водоснабжения.

В России около 30% уловов во внутренних морях и водоемах приходится на долю пресноводных рыб (щуки, лещ, судака, плотвы, окуня, сазана, сига, севрюги, белуги, семги, кеты, горбуши).

В последние годы отмечается сокращение уловов, что обусловлено уменьшением продуктивности рыбохозяйственных объектов в результате интенсивного антропогенного воздействия.

Увеличение воспроизводства рыбы осуществляется за счет искусственного рыборазведения на рыбозаводах, в нерестово-выростных хозяйствах, рыбопитомниках.

Весьма перспективным направлением является выращивание рыб в водоемах-охладителях тепловых электростанций.

Рекреации. Водные объекты - излюбленное место для отдыха, спорта, оздоровления людей. Практически все рекреационные учреждения и сооружения размещены либо на берегах водоемов, либо вблизи них. В последние годы масштабы рекреационной деятельности на водных объектах постоянно растут, чему способствует увеличение численности городского населения и совершенствование транспортных коммуникаций.

В Российской Федерации на берегах водоемов расположено около 60% всех санаториев, свыше 80% учреждений отдыха. 60% туристических баз и 90% рекреационных объектов для самого массового в стране пригородного отдыха

Источники загрязнения водных объектов

На качество поверхностных и подземных вод сильное влияние оказывают:

- промышленные стоки;
- сточные воды коммунальных трасс;
- сливы с полей (имеется ввиду, когда они перенасыщены химикатами и удобрениями);
- захоронение радиоактивных веществ в водоемы;
- стоки, поступающие от животноводческих комплексов (вода характеризуется избытком биогенной органики);
- судоходство.

Современные системы и схемы канализации городских поселений предусматривают, как правило, совместную очистку коммунальных и производственных сточных вод на единых очистных сооружениях.

Несмотря на то, что суммарная мощность очистных сооружений выше фактического объема очищенных сточных вод, качество очистки не всегда достигает нужного эффекта. Это связано, в основном, с тем, что на очистные сооружения многих предприятий поступают сточные воды, в которых концентрация загрязняющих веществ значительно выше нормативов. Кроме того, имеются случаи перегрузки очистных сооружений по объему принимаемых сточных вод.

Отходы животноводства и стоки животноводческих комплексов являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды, в том числе и природных вод. Количество загрязнений, поступивших в водные объекты, определяется мощностью объектов животноводства, выходом твердых и жидких отходов и их составом.

Большинство предприятий животноводства не имеют необходимых систем сбора, хранения, обработки и утилизации стоков. Имеющиеся природоохранные сооружения устарели и пришли в негодность, многие требуют капитального ремонта и реконструкции. Не обезвреженные навозосодержащие стоки и отходы животноводства стали в последнее время одним из наиболее опасных источников загрязнения водных экосистем.

Деятельность горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, а также судоходство оказывают существенное трансформирующее воздействие на водные ресурсы.

Антропогенные факторы воздействия на состояние природных вод

Качество поверхностных и подземных вод изменяется под воздействием

сбрасываемых сточных вод и вследствие выноса загрязняющих веществ с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий, а также загрязненности выпадающих осадков и поступления загрязняющих веществ с территорий сопредельных государств (трансграничный перенос). Суммарное влияние рассредоточенных источников загрязнения равно, а в отдельных случаях превышает нагрузку от сосредоточенных источников.

При оценке качества поверхностных вод используется показатель, называемый индексом загрязненности вод (ИЗВ).

Индекс загрязненности вод вычисляется как $1/6$ суммы отношений средних за год концентраций по шести приоритетным загрязняющим веществам к их предельно-допустимым концентрациям в водных объектах рыбохозяйственного назначения.

Большое количество водных объектов не имеют резерва стока для самоочищения. Поэтому, наряду с внедрением безводных и других прогрессивных технологий (направленных на снижение или прекращение сброса сточных вод), крайне важны мероприятия по реконструкции очистных сооружений, а также экономическое стимулирование водоохранных мероприятий.

Продолжает оставаться актуальной проблема сохранения качества подземных вод. По своим масштабам загрязнение отмечается на двух уровнях: региональном и локальном.

К региональному загрязнению приводит применение удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве, что вызывает увеличение в грунтовых водах содержания хлоридов в 4-6 раз, превышающий их фоновые концентрации, сульфатов – в 2-4 раза, нитратов – в 6-10 раз.

В районах животноводческих комплексов, полях орошения их стоками, местах складирования минеральных удобрений и ядохимикатов загрязнение подземных вод имеет локальный характер. Здесь отмечается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по хлоридам и сульфатам в 2-3 раза, нитратам – в 4-5 раз, аммиаку – до 200 раз, нитритам – в 2-3 раза. Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод на действующих водозаборах в целом отвечает установленным нормам, за исключением повышенного содержания отдельных элементов. Ухудшение качества воды на некоторых скважинах связано с наличием в пределах зоны влияния водозаборов хозяйственных объектов, не предусмотренных проектами, а также неудовлетворительным состоянием зон санитарной охраны.

На качество питьевой воды, подаваемой животным, значительное влияние оказывают санитарно-гигиенические условия участков водозаборных сооружений, специфика очистных сооружений, а также санитарно-техническое состояние водозаборов.

Однако по ряду показателей (жесткость, цветность, мутность, содержание марганца, железа, аммония) подземные воды на большинстве водозаборов не отвечают данным требованиям. Основными загрязняющими веществами в подземных водах в результате техногенного воздействия являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак и аммоний), нефтепродукты, сульфаты и хлориды, тяжёлые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть) и фенолы.

Наибольшая опасность наблюдается на участках загрязнения подземных вод компонентами 1-ого классом опасности, которые отмечены в районах отдельных крупных промышленных предприятий городов и поселков. Основными загрязняющими веществами 1 класса опасности являются мышьяк и бензол, в меньшей степени – бериллий и 1,2-Дихлорэтан. По единичным пробам фиксировались винилхлорид, ртуть и четыреххлористый углерод

На водозаборах хозяйственно-питьевого назначения (включая одиночные водозаборные скважины) на территории Российской Федерации выявлены такие загрязняющие вещества и показатели загрязнения, как железо, марганец, нитраты, аммиак, сульфаты, хлориды, СПАВ, фториды, хром⁶⁺, нефтепродукты, фенолы и др. Наибольшую опасность представляет загрязнение подземных вод на водозаборах питьевого и хозяйственно-бытового назначения компонентами 1-го класса опасности, которое было выявлено по отдельным водозаборным и наблюдательным скважинам. Среди загрязняющих компонентов 1-го класса опасности наиболее часто встречается мышьяк, по единичным пробам в скважинах фиксировались бериллий и ртуть. Как правило, загрязнение подземных вод этими компонентами носит случайный (реже периодический) характер и интенсивность его не превышает 5 ПДК.

Качество питьевой воды является серьезной проблемой в сельских районах, где население пользуется неглубокими колодцами.

Загрязнение воды в колодцах обусловлено нарушениями условий водопользования: отсутствием необходимого благоустройства прилегающих территорий, несовершенной конструкцией колодцев, близким расположением к ним выгребных ям и помещений для содержания скота, складированием навоза.

Воды приносят не только пользу населению и отраслям экономики, но могут быть и источником опасности. Прежде всего, это относится к весенним и летне-осенним паводкам. Ущерб от затоплений и подтоплений значительный. Поэтому важным является осуществление противопаводковых мероприятий.

Наводнение – интенсивное затопление большой территории водой выше ежегодных уровней, одно из стихийных бедствий, которое отмечается при половодьях, паводках, зажорах, заторах, прорывах дамб и плотин.

Паводки – сравнительно кратковременные и непериодические (в отличие от половодья) резкие подъёмы уровней и увеличение стока рек после больших

дождей или при продолжительных оттепелях.

Самоочищение воды

Природа предусматривает самоочищение водоемов. Но, к сожалению загрязнения намного больше и природа самостоятельно не в силах справиться с такой массой вредных веществ, которую предоставляет водным ресурсам человек и его деятельность.

Открытые водоемы почти непрерывно подвергаются разнообразным загрязнениям. Однако в крупных водоемах (реки, озера и др.) резкого ухудшения качества воды не наблюдается. Это объясняется тем, что вода в них под влиянием различных физико-химических и биологических процессов обладает способностью самоочищаться от взвешенных частиц, органических веществ, микроорганизмов и других загрязнений.

Процесс самоочищения водоемов протекает под влиянием разнообразных факторов, которые действуют одновременно в различных сочетаниях.

К числу таких факторов следует отнести: гидрологические – разбавление и смешивание попавших загрязнений с основной массой воды, механические – осаждение взвешенных частиц; физические – влияние солнечной радиации и температуры; биологические – сложные процессы взаимодействия водных растительных организмов с составными частями поступающих стоков; химические – превращение органических веществ в минеральные (минерализация).

При поступлении сточных вод в водоем происходит смешивание стоков с водой водоема, и концентрация загрязнений снижается. Кроме того, взвешенные минеральные и органические частицы, яйца гельминтов и микроорганизмы частично осаждаются, вода осветляется и становится прозрачной.

В процессе самоочищения происходит отмирание сапрофитов и патогенных микроорганизмов. Они погибают в результате: обеднения воды питательными веществами, бактерицидного действия ультрафиолетовых лучей солнца, которые проникают в толщу воды более чем на 1 м, влияния бактериофагов и антибиотических веществ, выделяемых сапрофитами, неблагоприятных температурных условий, антагонистического воздействия водных организмов и др. факторов. Процессы самоочищения воды протекают более интенсивно в теплое время года, а также в проточных водоемах – реках. Существенное значение в процессах самоочищения воды имеют так называемые сапрофитная микрофлора и водные организмы. Некоторые представители микрофлоры водоемов обладают антагонистическими свойствами к патогенным микроорганизмам, что приводит к гибели этих микробов.

Простейшие водные организмы, а также зоопланктон (рачки, коловратки и др.), пропуская воду через свой кишечник, уничтожают огромное количество бактерий. Бактериофаги, попавшие в водоем, также оказывают воздействие на

болезнетворные организмы.

Одним из важных процессов самоочищения воды является минерализация органических веществ, то есть происходит образование минеральных веществ из органических под воздействием биологических, химических и др. факторов. При минерализации наблюдается в целом обеднение воды органическими веществами, наряду с этим и органическое вещество также сможет окисляться – часть бактерий гибнет; кроме того, минеральные вещества могут выпадать в осадок или находиться в истинных растворах, а органические вещества - в воде растворены в коллоидном состоянии, то есть придают воде мутность.

Процесс минерализации (разложения, окисления) органических веществ в воде можно представить следующим образом: белковые вещества расщепляются на более простые азотсодержащие вещества (альбумозы, пептоны и др.), а они еще на более простые (аминокислоты и др.) и остаются в виде различных остатков органических кислот и аммонийных соединений. Первым минеральным продуктом окисления азотсодержащих органических веществ является аммонийный ион или аммиак. Наличие последних в высоких концентрациях, при отсутствии нитритов и нитратов, указывает на свежесть загрязнения. Аммиак (азот аммония) как правило, при наличии окислителей переходит в нитриты, но эти соединения очень нестойки и при наличии кислорода окисляются до нитратов. Нитраты являются как бы конечным веществом при минерализации органических азотсодержащих продуктов.

Окисление в воде жиров, клетчатки, углеводов в основном идет с интенсивным образованием двуокиси углерода и воды.

Хорошая аэрация воды – обогащение воды кислородом – обеспечивает активизацию окислительных, биологических и других процессов, способствует очищению воды.

Скорость самоочищения воды зависит от многих условий: количества загрязнений, поступивших в водоем; глубины его и скорости течения воды; температуры воды; наличия растворенного кислорода в воде; состава микрофауны, флоры и др. Однако следует помнить, что водоем обладает ограниченной способностью к самоочищению от загрязнений.

Соединения свинца, меди, цинка, ртути, которые попадают в водоемы со стоками, оказывают токсическое воздействие на организм животных, а также способствуют замедлению процессов самоочищения воды и ухудшают ее органолептические свойства.

В небольших водоемах при незначительном количестве загрязнителей белкового характера в воде могут накапливаться промежуточные вещества из распада (в частности, сероводород, нитриты, диамины и др.), обладающие высокой токсичностью.

Самоочищение подземных вод происходит благодаря фильтрации через почву и за счет процесса минерализации, в результате вода полностью освобождается от органических загрязнений и микроорганизмов.

Стандартизация и нормативы качества воды

Вода по своему составу и качеству должна отвечать требованиям СанПиН 2.1.4.10749-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды.", ЕС – директива 98/83/ЕС "По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком", международные рекомендации ВОЗ "Руководство по контролю качества питьевой воды 1992 г.", нормы Агентства по охране окружающей среды США (US EPA).

Таблица 2. Требования к качеству питьевой воды согласно СанПиН 2.1.4.1074-01.

| Показатели | СанПиН 2.1.4.1074-01 | | | | норма ВОЗ | норма USEPA | норма ЕС |
|--|-------------------------------------|---------------------|---------------|--------------|-----------|-------------|----------|
| | Ед. измерения | Норм. ПДК, не более | Показ. вредн. | Класс опасн. | | | |
| Водородный показатель | ед. pH | в пределах 6-9 | - | - | - | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| Общая минерализация (сухой остаток) | мг/л | 1000 (1500) | - | - | 1000 | 500 | 1500 |
| Жесткость общая | мг-экв/л | 7,0 (10) | - | - | - | - | 1,2 |
| Окисляемость перманганатная | мг O ₂ /л | 5,0 | - | - | - | - | 5,0 |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/л | 0,1 | - | - | - | - | - |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные | мг/л | 0,5 | - | - | - | - | - |
| Фенольный индекс | мг/л | 0,25 | - | - | - | - | - |
| Щелочность | мг HCO ₃ ⁻ /л | - | - | - | - | - | 30 |
| Неорганические вещества | | | | | | | |
| Алюминий (Al ³⁺) | мг/л | 0,5 | с.-т. | 2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Азот аммонийный | мг/л | 2,0 | с.-т. | 3 | 1,5 | - | 0,5 |
| Асбест | МИЛЛ.ВОЛОКОН/л | - | - | - | - | 7,0 | - |
| Барий (Ba ²⁺) | мг/л | 0,1 | с.-т. | 2 | 0,7 | 2,0 | 0,1 |
| Бериллий(Be ²⁺) | мг/л | 0,0002 | с.-т. | 1 | - | 0,004 | - |
| Бор (В, суммарно) | мг/л | 0,5 | с.-т. | 2 | 0,3 | - | 1,0 |
| Ванадий (V) | мг/л | 0,1 | с.-т. | 3 | 0,1 | - | - |
| Висмут (Bi) | мг/л | 0,1 | с.-т. | 2 | 0,1 | - | - |

| | | | | | | | |
|--|------|-----------|------------|----|--------------|--------------|-------|
| Железо (Fe, суммарно) | мг/л | 0,3 (1,0) | орг. | 3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| Кадмий (Cd, суммарно) | мг/л | 0,001 | с.-т. | 2 | 0,003 | 0,005 | 0,005 |
| Калий (K ⁺) | мг/л | - | - | - | - | - | 12,0 |
| Кальций (Ca ²⁺) | мг/л | - | - | - | - | - | 100,0 |
| Кобальт (Co) | мг/л | 0,1 | с.-т. | 2 | - | - | - |
| Кремний (Si) | мг/л | 10,0 | с.-т. | 2 | - | - | - |
| Магний (Mg ²⁺) | мг/л | - | с.-т. | - | - | - | 50,0 |
| Марганец (Mn, суммарно) | мг/л | 0,1 (0,5) | орг. | 3 | 0,5 (0,1) | 0,05 | 0,05 |
| Медь (Cu, суммарно) | мг/л | 1,0 | орг. | 3 | 2,0 (1,0) | 1,0-1,3 | 2,0 |
| Молибден (Mo, суммарно) | мг/л | 0,25 | с.-т. | 2 | 0,07 | - | - |
| Мышьяк (As, суммарно) | мг/л | 0,05 | с.-т. | 2 | 0,01 | 0,05 | 0,01 |
| Никель (Ni, суммарно) | мг/л | 0,1 | с.-т. | 3 | - | - | - |
| Нитраты (по NO ₃ ⁻) | мг/л | 45 | с.-т. | 3 | 50,0 | 44,0 | 50,0 |
| Нитриты (по NO ₂ ⁻) | мг/л | 3,0 | - | 2 | 3,0 | 3,5 | 0,5 |
| Ртуть (Hg, суммарно) | мг/л | 0,0005 | с.-т. | 1 | 0,001 | 0,002 | 0,001 |
| Свинец (Pb, суммарно) | мг/л | 0,03 | с.-т. | 2 | 0,01 | 0,015 | 0,01 |
| Селен (Se, суммарно) | мг/л | 0,01 | с.-т. | 2 | 0,01 | 0,05 | 0,01 |
| Серебро (Ag ⁺) | мг/л | 0,05 | - | 2 | - | 0,1 | 0,01 |
| Сероводород (H ₂ S) | мг/л | 0,03 | орг. | 4 | 0,05 | - | - |
| Стронций (Sr ²⁺) | мг/л | 7,0 | орг. | 2 | - | - | - |
| Сульфаты (SO ₄ ²⁻) | мг/л | 500 | орг. | 4 | 250,0 | 250,0 | 250,0 |
| Фториды (F) для климатических районов I и II | мг/л | 1,5 / 1,2 | с.-т.с.-т. | 22 | 1,5 | 2,0-4,0 | 1,5 |
| Хлориды (Cl ⁻) | мг/л | 350 | орг. | 4 | 250,0 | 250,0 | 250,0 |
| Хром (Cr ³⁺) | мг/л | 0,5 | с.-т. | 3 | - | 0,1 (все-го) | - |
| Хром (Cr ⁶⁺) | мг/л | 0,05 | с.-т. | 3 | 0,05 | | 0,05 |
| Цианиды (CN ⁻) | мг/л | 0,035 | с.-т. | 2 | 0,07 | 0,2 | 0,05 |
| Цинк (Zn ²⁺) | мг/л | 5,0 | орг. | 3 | 3,0 | 5,0 | 5,0 |

с.-т. – санитарно-токсикологический

орг. – органолептический

Величина, указанная в скобках, во всех таблицах может быть установлена по указанию Главного государственного санитарного врача.

Требования СанПиН, обеспечивающие безопасность воды в эпидемическом и эпизоотическом отношениях, основываются на косвенных показателях – количестве сапрофитов в 1 мл воды и индексе бактерий группы кишечной палочки (табл. 3).

Таблица 3 - Требования по микробиологическим и паразитологическим показателям воды

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы |
|---------------------------------------|--|-------------|
| Термотолерантные колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл | Отсутствие |
| Общие колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл | Отсутствие |
| Общее микробное число | Число образующих колонии бактерий в 1 мл | Не более 50 |
| Колифаги | Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл | Отсутствие |
| Споры сульфоредацирующих клостридий | Число спор в 20 мл | Отсутствие |
| Цисты лямблий | Число цист в 50 мл | Отсутствие |

Необходимость использования косвенных показателей обусловлена низкой концентрацией патогенных энтеробактерий, а также трудностью культивирования их на искусственных питательных средах, при которых не обеспечивается достоверность отрицательного результата прямого метода их выявления. Правомерность же выводов на основании косвенных показателей бактериологического состава воды подтверждена как экспериментально, так и в производственных условиях.

Существующие показатели безвредности химического состава воды включают нормы для веществ: встречающихся в природных водах; добавляемых к воде в процессе ее обработки в виде реагентов; появляющихся в результате промышленного и сельскохозяйственного загрязнения водоисточников. При этом одна группа показателей призвана обеспечить безопасность воды в токсикологическом отношении, другая – не допустить нарушения органолептических свойств воды.

Таблица 4 - Параметры качества воды для поения животных

| Параметр | |
|--|---------|
| Запах и привкус при 20 ⁰ С, баллы, не более | 2 |
| Цветность, градусы, не более | 20 |
| Прозрачность по стандартной шкале, см, не менее | 30 |
| Мутность, мг/л, не более | 1,5 |
| Водородный показатель, рН | 6,0-9,0 |
| Сухой остаток, мг/л, не более | 1000 |
| Общая жесткость, мг экв/л, не более | 7 |
| Хлориды, мг/л, не более | 350 |
| Сульфаты, мг/л, не более | 500 |
| Железо общее, мг/л, не более | 0,3 |

| | |
|--|--------------------|
| Медь, мг/л, не более | 1,0 |
| Цинк, мг/л, не более | 50 |
| Число микроорганизмов в 1 мл, не более | 100 |
| Коли-индекс, не более | 3 |
| Температура: | |
| для взрослых животных | 10-12 ⁰ |
| для беременных | 12-15 ⁰ |
| для молодняка | 15-20 ⁰ |

Перечисленными нормативами регламентация химического состава воды не ограничивается. Специальным пунктом стандарта установлено, что содержание в воде химических элементов, поступающих в водоем с промышленными, сельскохозяйственным и бытовыми загрязнениями, нормируются в пределах, указанных в списке предельно допустимых концентраций химических веществ в воде водных объектов. Список утверждается органами здравоохранения страны и включает в настоящее время нормативы более чем для 800 соединений.

Вода, используемая для рециркуляции не должна содержать токсических веществ. В ней должны отсутствовать возбудители инфекционных, инвазионных и вирусных заболеваний, то есть вода должна быть безопасной для животных и человека.

Улучшение качества воды

Способы улучшения природной воды зависят от ее свойств и требований, которые предъявляются к качеству воды. Они проводятся, прежде всего, за счет улучшения качества и обеззараживания воды.

Очистка воды направлена на улучшение ее органолептических, физических, несколько меньше химических и еще меньше биологических (наличие микроорганизмов) свойств.

Для очистки воды должны оборудоваться соответствующие сооружения. Очистка воды включает проведение осветления и обесцвечивания с помощью коагуляции, отстаивания и фильтрации.

Коагулирование – процесс укрупнения мельчайших коллоидных частиц, происходящих под действием сил молекулярного сцепления. В результате коагуляции образуются хлопья. Различают два вида коагуляции в свободном объеме (в камерах) толщи зернистого материала или в массе взвешенного осадка (контактную). Коагулирование воды при ее осветлении и обесцвечивании осуществляют для интенсификации процессов осаждения и фильтрования. При этом из воды выделяют не только диспергированные примеси, но и вещества, находящиеся в коллоидном состоянии. В качестве коагулянта обычно приме-

няют сернокислый алюминий, а также используют неочищенный глинозем, который содержит 33%-ный безводный сульфат алюминия. В настоящее время отечественная промышленность стала выпускать очищенный глинозем, содержащий не более 1% нерастворимых примесей (неочищенный имеет до 23% примесей). В качестве коагулянта используется также оксихлорид алюминия ($[Al_2(OH)_3]Cl \cdot 6H_2O$) и алюминат натрия ($NaAlO_2$), при коагулировании которыми рН воды практически не изменяется, что очень важно по технологическим соображениям.

Доза коагулянта может быть различной и зависит от рН воды, наличия бикарбонатов, гуминовых веществ, характера взвеси, мутности, цветности и колеблется от 30 до 200-300 мг на 1 л воды. Коагулянт добавляют в воду в виде порошка или 2-5%-ного водного раствора.

Для ускорения процесса коагуляции мягкую воду, которая содержит мало бикарбонатов кальция и магния, следует подщелачивать гашеной известью $Ca(OH)_2$ или содой. Для этого также применяют высокомолекулярные вещества – флокулянты. Так, препарат полиакриламид (ПАА) в дозе 0,5-1,0 мг на 1 л воды ускоряет процесс коагуляции и позволяет экономить коагулянт.

Отстаивание – осветление воды путем осаждения находящихся в ней взвешенных примесей. Когда вода находится в покое или движется с небольшой скоростью, примеси под действием силы тяжести выпадают в осадок.

Для осаждения взвеси отстаиваемую воду пропускают с малой скоростью через специальные отстойники. Скорость движения воды зависит от формы взвешенных частиц, их размеров, плотности, шероховатости частиц и температуры воды.

Отстойники могут быть естественными (озера) и искусственными (горизонтальными, вертикальными и радиальными).

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные железобетонные резервуары, в которых вода движется в горизонтальном направлении от одного торца к другому.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые или квадратные железобетонные резервуары, в которых вода движется снизу вверх. Осаждение взвеси происходит при восходящем потоке воды. Осадок из вертикальных отстойников удаляют, не выключая их из работы.

Радиальный отстойник – круглый железобетонный неглубокий резервуар. В радиальных отстойниках скорость движения воды изменяется от максимальной в их центре до минимальной у периферии, так как движение воды в них осуществляется от центра к периферии. При этом вода проходит через специальные распределительные устройства и движется в радиальном направлении к периферийному сборному желобу, из которого отводится по трубам. Осадок при помощи вращающейся фермы со скребками сгребают к приемку в центре

отстойника, откуда его удаляют по трубе для сброса.

Осветление воды проводят в специальных сооружениях – осветлителях различного типа.

После коагуляции, отстаивания, осветления в воде могут оставаться мелкие хлопья, не осевшие в отстойниках, и мелкие частицы, взвешенные в воде. Для дальнейшей очистки воды применяют фильтрацию, которую осуществляют в специальных установках-фильтрах через фильтрующий материал (песок).

По скорости фильтрования фильтры делят на медленные (0,1-0,3 м³/ч), скорые (5-12 м³/ч) и сверхскорые (36-100 м³/ч); по давлению, под которым они работают – на безнапорные (открытые) и напорные; по крупности фильтрующего материала – на мелкозернистые, среднезернистые и крупнозернистые; по количеству фильтрующих слоев – на однослойные, двухслойные и многослойные.

В большинстве случаев фильтрование сочетается с другими методами очистки воды. Обычно через фильтры пропускают воду, прошедшую коагулирование, отстойники или осветлители. Фильтры применяют также для осветления воды при ее реагентном умягчении или при удалении железа. В некоторых случаях фильтры используют для осветления некоагулированной или неотстояной коагулированной воды.

В процессе фильтрации на поверхности фильтра образуется так называемая биологическая пленка, состоящая из мелких частиц, взвешенных в фильтрующей воде планктона и бактерий. Благодаря этому на поверхности фильтра задерживается мелкая взвесь, за счет чего значительно повышается полнота фильтрации.

С течением времени биологическая пленка уплотняется и увеличивает сопротивление фильтра. Поэтому периодически проводят очистку медленных фильтров. Для этого один раз в 1,5-2 месяца вручную (скребками) снимают 2-3 см верхнего слоя песка и на некоторое время фильтр выключают из работы, затем после образования новой пленки начинают фильтрат направлять в сборники для чистой воды.

Установлена роль отдельных элементов в водообработке в освобождении воды от вирусов. Большая часть вирусов адсорбирована на частицах, первично взвешенных в воде, на хлопьях, образовавшихся в результате реакции этих частиц с коагулянтном. При осаждении хлопьев в эксперименте удавалось удалить из воды до 99,9% вирусов; в условиях эксплуатации водопроводных станций этот процент составил 90-95%. Удаление вирусов из воды происходит параллельно устранению мутности. Следовательно, процессы осветления воды обеспечивают существенное снижение содержания в ней бактерий и вирусов, что позволяет значительно повысить эффективность заключительного обеззараживания.

Таким образом, мутность приобретает значение косвенного показателя степени освобождения воды от вирусов.

После отстаивания, коагуляции и фильтрования вода становится прозрачной, бесцветной, освобождается от яиц гельминтов и на 20-25 % от содержащихся в ней микробов. Поэтому питьевую воду, которая представляет опасность, как источник инфекции, необходимо обеззаразить.

Обеззараживание воды можно проводить одним из четырех методов: термическим, химическим, олигодинамией (воздействие ионов благородных металлов), физическим (ультразвук, радиоактивное облучение, ультрафиолетовые лучи). Наиболее широко в качестве обеззараживающих средств применяют окислители: хлор, озон, гипохлорид натрия.

Хлорирование воды на крупных водопроводных станциях проводят жидким (газообразным) хлором, а на малых – хлорной известью. Под действием хлора большинство микроорганизмов, находящихся в воде, погибают. Газообразный хлор на станции поступает в специальных стальных баллонах под давлением до 0,8 Мпа. Из баллонов хлор подается в хлораторы, в которых осуществляется смешивание его с некоторым количеством воды. Полученная «хлорная вода» поступает для обработки питьевой воды.

При использовании хлорной извести для обеззараживания воды необходимо учитывать содержание в ней активного хлора (оно должно быть не менее 25 %). Раствор хлорной извести применяют 1-2 %-ной концентрации, время контакта воды и раствора должно составлять не менее 45-60 мин.

Надежность обеззараживания воды достигается и количеством вводимого раствора хлорной извести. Для этого в начале определяют хлорпотребность воды. В большинстве случаев достаточно 1-3 мг хлора на 1 л.

В воде, используемой для поения животных, остаточного свободного хлора должно быть не менее 0,3 мг и не более 0,5 мг на 1 л.

Коли-титр в хлорированной воде должен быть не менее 300. Если хлорирование воды проведено большими дозами хлорной извести, то для уничтожения ее излишков (о чем свидетельствует явный запах хлора) необходимо дехлорировать воду 0,5 %-ным раствором тиосульфата натрия (гипосульфит) или серноокислым натрием.

Хлорирование воды в колодцах можно производить с помощью дозирующих патронов, изготовленных из пористой керамики. Емкость патрона 0,25, 0,5 и 1 л. Внутри патрона помещают соответственно 150, 300 и 600 г хлорной извести и добавляют 100-300 мл воды. Содержимое патрона перемешивают до образования однородной кашицы, закрывают пробкой и погружают на проволоке в воду на расстоянии 20-50 см от дна. Длительность действия патрона составляет 20-30 суток. Патрон используют многократно.

Кипячение является простым и надежным способом обеззараживания

больших объемов воды.

В практике хозяйственно-питьевого водоснабжения прибегают к специальным методам обработки воды с целью коррекции ее солевого состава. Наиболее распространены обезжелезивание, фторирование и дефторирование воды. Как правило, указанные методы применяют при использовании подземных источников водоснабжения. Однако обезжелезивание бывает необходимым и для поверхностных водоисточников при питании из болот, а установки для опреснения позволяют использовать морскую воду.

Проблема дефицита питьевой воды

Возможность получения пресной воды была одним из главных условий (или предпосылок) зарождения цивилизации, существования людей и развития любых производств. Для своих поселений человек издревле выбирал места вблизи водотоков. Посмотрите на карту мира. Все крупные города (да и большинство малых) основаны вблизи непосредственной близости водных источников – рек. Пути расселения человека по Земле также оказались путями воды. Заселение материков начиналось от рек. Вода с древнейших времен стала важнейшим и самым дешевым транспортным путем.

Древнейшие культуры начинали развиваться как водные цивилизации. Около 3-4 тысячелетий назад в плодородном междуречье Тигра и Евфрата неведомые нам люди начинали сеять зерно. Именно это место считается одним из древнейших очагов цивилизации на планете. Здесь развивались государства Ассирия, Вавилония, Шумер. Уже тогда наши предки осознали: вода – это жизнь. Точно так же на жирных насосных почвах, образованных Индом и его протоками, выросла древняя индийская культура, а возникновение китайского земледелия принято связывать с рекой Вэйхэ – притоком Хуанхэ в Северном Китае.

Африка, где недостаток воды сказывается особенно сильно, также дала миру древнюю цивилизацию – египетскую. По берегам Нила возник созданный человеком оазис. Зеленая извилистая кромка вдоль берегов реки, окруженная пустыней, - вот то место, упоминание о котором связывается у нас с именами египетских фараонов. В высшей степени практичные египтяне начали ежегодно отмечать высоту паводка на Ниле за 3 тыс. лет до нашей эры. С научной точки зрения сами паводки египтян не интересовали, но высота воды показала, какая площадь будет затоплена, а это давало возможность определить величину налогов с урожая. В жизни древних египтян Нил играл настолько большую роль, что деление года на периоды проводилось ими с учетом состояния реки. Год начинался среди лета, когда разливалась река. Он делился на три сезона: сезон наводнения, сезон роста и сезон уборки урожая при самой низкой воде.

Человечеству для жизни нужна не просто вода, не любая вода, а вода

пресная и определенного качества. А ее очень и очень мало. Установлено, что из каждых 100 л воды на Земле 97 л имеют соленый вкус. Современные исследования показали, что суммарные запасы всех видов пресных вод суши – рек, озер, подземных и снежно-ледниковых ресурсов не превышают 2,5% от общего количества воды на Земле. Запас воды в реках и озерах оценивается цифрой в 95000 км³, т.е. всего 0,26% от суммарных ресурсов пресных вод, или 0,007% от общих запасов воды на Земле.

Недостаток воды и ее плохое качество напрямую влияют на здоровье людей и животных. Некоторые наиболее опасные заболевания встречаются именно в местах, где весьма затруднен доступ к источникам чистой воды.

Проблема питьевой воды связана с проблемой использования ее для получения продуктов питания. Сельское хозяйство требует больших водных затрат. А если приплюсовать сюда такого потребителя воды, как промышленность, то становится понятным, почему медленно, но верно запасы пресных вод на планете иссякают. Если в начале века промышленность потребляла всего 30 км³ воды в год, то к 1975 г. водопотребление возросло до 630 км³, и, по прогнозам, в 2015 г. оно достигает 2750 км³ в год.

Насколько велики потребности в воде в промышленности и сельском хозяйстве, можно судить по следующим цифрам. Для производства сахара из 1 т сахарной свеклы требуется 0,5-6 м³ воды, 1 т бумаги – 1,5-60 м³, 100л пива – 5-21 м³, для дубления 1 т сырой кожи – 20-50 м³; для выработки 1 т пряжи – до 200 м³, 1 т капронового волокна – 5600 м³, 1 т стали – 25 тыс.л., для выпуска одного автомобиля – 300 тыс.л., для орошения 1 га хлопка – 5-6 тыс. м³, 1 га риса – 15-20 тыс. м³.

Растущие города требуют свою долю живительной влаги. Для обеспечения потребности в воде современного города с миллионным населением требуется, по крайней мере, 0,5 млн. м³ воды в сутки из расчета 0,5 м³ на человека. Обычно город сталкивается с триединой водной проблемой: снабжение водой, отвод сточных вод и пополнение запасов воды. Уже сейчас из-за загрязнения природных вод многие города вынуждены пополнять водные запасы из источников, находящихся на большом удалении от них, либо бурить глубокие водозаборные скважины. Все это требует затраты огромных средств.

Если учесть все сказанное, можно прийти к довольно печальному выводу. В первой четверти XXI века водные ресурсы на нашей планете будут практически близки к исчерпанию. Поэтому решение водной проблемы должно вестись по трем главным направлениям: ограничение эксплуатации подземных запасов вод, экономия воды путем более эффективной ее доставки и регламентирования потребления, а также возрождение некогда чистых, а теперь загрязненных естественных водоемов.

Мероприятия, направленные на охрану водных ресурсов.

Государственная политика управления в области использования и охраны водных ресурсов осуществляется путем принятия и использования федеральных законов, указов Президента Российской Федерации, нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти, органов власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления.

Водным кодексом Российской Федерации (гл. 3) определены основные принципы водного законодательства, в т.ч. такие, как «приоритет охраны водных ресурсов перед их использованием» и «приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения перед иными целями их использования».

Водным кодексом Российской Федерации определено осуществление государственного управления в области использования и охраны водных объектов путем реализации следующих полномочий органов государственной власти Российской Федерации, в том числе:

1. владение, пользование, распоряжение водными объектами, находящимися в федеральной собственности;
2. разработка, утверждение и реализация схем комплексного использования и охраны водных объектов и внесение изменений в эти схемы;
3. осуществление федерального государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;
4. организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов;
5. установление порядка ведения государственного водного реестра и его ведение;
6. утверждение порядка подготовки и принятия решения о предоставлении водного объекта в пользование, порядка подготовки и заключения договора водопользования;
7. определение порядка создания и осуществления деятельности бассейновых советов;
8. установление режимов пропуска паводков, специальных пропусков, наполнения и сработки (выпуска воды) водохранилищ и другое.

Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года закрепила базовые принципы государственной политики в области использования и охраны водных объектов. Она предусматривает, в частности, принятие и реализацию управленческих решений по сохранению водных экосистем, обеспечивающих наибольший социальный и экономический эффект, и создание условий для эффективного взаимодействия участников водных отношений.

Для реализации целей и задач Стратегии Правительством Российской Федерации утверждена (постановление от 19.04.2012 г. № 350) федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах». Государственным заказчиком – координатором программы утверждено Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Кроме Минприроды России государственными заказчиками Программы определены Минсельхоз России, Росводресурсы, Росгидромет и Росрыболовство.

Согласно Стратегии основными направлениями совершенствования государственного управления в области использования и охраны водных объектов (ИОВО) являются развитие принципов интегрированного управления водных ресурсов (ИУВР), механизмов обеспечения сбалансированного развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации, усиление роли Российской Федерации в решении глобальных проблем в области использования и охраны водных ресурсов.

Федеральным законом «О водоснабжении и водоотведении» определены и уточнены основные направления современной государственной политики в сфере водоснабжения и водоотведения:

1. охрана здоровья населения и улучшения качества жизни населения путем обеспечения бесперебойного и качественного водоснабжения и водоотведения;
2. повышение энергоэффективности путем экономного потребления воды;
3. снижение негативного воздействия на водные объекты путем повышения качества очистки сточных вод;
4. обеспечение доступности водоснабжения и водоотведения для абонентов за счет повышения эффективности деятельности организаций, осуществляющих горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение;
5. обеспечение развития централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения путем развития эффективных форм управления этими системами, привлечения инвестиций и развития кадрового потенциала организаций, осуществляющих горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение.

7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В настоящее время в качестве ключевых проблем загрязнения атмосферного воздуха в Европе рассматриваются, во-первых, влияние приземного озона, взвешенных веществ и других загрязнителей на здоровье человека, во-вторых, влияние оксидов азота, диоксида серы и приземного озона на естественную и культурную растительность.

Существование воздушной среды является необходимым условием поддержания жизни на земном шаре. Без воздуха немислимо сколько-нибудь продолжительное сохранение жизненных функций организма. Воздушная среда не только необходима для дыхания человека, животных и растений, она является также резервуаром, принимающим газообразные продукты их обмена веществ. Воздушная среда позволяет человеку и животным ориентироваться в окружающей обстановке, воспринимать органами чувств различные сигналы, чтобы судить о состоянии окружающей среды. Воздушная среда оказывает существенное влияние на многие энергетические, геологические и гидрологические процессы, происходящие на поверхности земли. Состояние воздушной среды в значительной степени определяет количество и качество солнечной радиации у поверхности земли. Атмосфера является местом образования осадков, которые наряду с ветрами способствуют механическому разрушению горных пород. Кроме того, атмосфера служит одним из факторов климатообразования. Через воздушную среду совершаются процессы теплообмена организма с внешней средой. Атмосфера является источником некоторых видов сырья, запасы которого практически неисчерпаемы: из воздуха добывают азот, кислород, аргон и гелий. Резкие изменения физических и химических свойств воздушной среды, загрязнение токсическими веществами и патогенными микроорганизмами могут способствовать развитию в организме неблагоприятных процессов, нарушающих здоровье и снижающих работоспособность. Потому перед специалистами сельского хозяйства стоит задача обоснования мероприятий по оздоровлению воздушной среды с целью защиты организмов от изменений, связанных с ее неблагоприятным состоянием.

Земля окружена газовой оболочкой (атмосферой), строение которой различно и определяется удаленностью от её поверхности. В состав атмосферы входят следующие слои: тропосфера, стратосфера, мезосфера, ионосфера, экзосфера и магнитосфера. Наиболее плотные воздушные слои, прилегающие к земной поверхности, называются тропосферой. Толщина тропосферы над различными широтами земного шара и в различные времена года неодинакова: в средних широтах она составляет 10-12 км над уровнем моря, на полюсах – от 7 до 10 км и над экватором – от 16 до 18 км.

Тропосфера отделена тонким слоем – тропопаузой – от холодной стратосферы, которая переходит на высотах около 40 км в мезосферу. Мезосфера содержит около 5% всей атмосферы.

Выше мезосферы находится ионосфера, границы которой подвержены колебаниям в зависимости от времени суток и времени года. Верхняя граница ионосферы колеблется от 500 до 1000 км. В ионосфере воздух сильно ионизирован, причем степень ионизации воздушных масс и температура увеличиваются с высотой.

Слой атмосферы, лежащий выше ионосферы, называется экзосферой. Нижняя граница ее изменяется в зависимости от времени суток, времени года и широты находится на расстоянии 500-1000 км от поверхности земли. В экзосфере газовые частицы в своем беге практически не сталкиваются друг с другом.

Еще сильнее разреженность в магнитосфере, для газа здесь высокая степень ионизации.

Физическое состояние атмосферы в данной местности в течение короткого периода времени называется погодой. Погода характеризуется определенным комплексом метеорологических факторов: интенсивностью солнечной инсоляции, электрическим состоянием атмосферы, температурой, влажностью, давлением воздуха, скоростью и направлением ветра, наличием атмосферных осадков.

Источники загрязнения атмосферного воздуха

Россия прочно закрепилась в списке стран с плохой экологией. Только в 15 крупных городах РФ атмосферный воздух соответствует санитарным нормам. Только 15% городского населения России дышит относительно чистым воздухом. В 125 городах РФ ежегодно фиксируются в 5–10 раз превышающие ПДК концентрации загрязнения атмосферы.

В число самых грязных городов России входят: Норильск, Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск, Омск, Томск, Челябинск, Кемерово, Липецк, Новокузнецк, Магнитогорск, Нижний Тагил, Череповец. Во всех них отмечаются 10-кратные превышения предельно допустимых концентраций минимум 3-х загрязнителей одновременно. При этом Норильск способен составить конкуренцию самым грязным городам мира: Мехико, Лос-Анджелесу, Афинам, Бомбею и Каиру. Однако необходимо учитывать, что в списки экологически неблагополучных принято включать только крупные города России, в то время как самыми грязными могут оказаться средние и даже малые города-заводы. Ведь **39%** городского населения РФ проживает на территориях, на которых степень загрязнения воздуха вообще не отслеживается.

В 206 российских городах с численностью населения более 65 млн человек среднегодовые концентрации одного или нескольких загрязнителей воздуха превышают ПДК. По 5–7 таких городов располагаются в Башкортостане, Красноярском крае, Ленинградской, Мурманской, Нижегородской, Новосибирской, Оренбургской, Ростовской, Самарской, Сахалинской, Свердловской и Челябинской областях, Приморском, Ставропольском краях и Ханты-Мансийском автономном округе. 9 из них находятся в Московской области и ещё 13 — в Иркутской.

Промышленное загрязнение воздуха в России. Главным источником загрязнения атмосферы в России являются объекты промышленности. 27 600 предприятий страны в совокупности содержат 1,183 млн стационарных источников выбросов. По данным Росстата, они выпускают в воздух $\frac{1}{4}$ часть всех загрязняющих веществ, образующихся в процессе производства. Причём 22% выбросов с промышленных предприятий поступают в атмосферу без очистки. 78% загрязняющих веществ попадают в очистные сооружения, где большая их часть улавливается и обезвреживается (75%).

Воздух российских городов с предприятиями алюминиевой промышленности, чёрной металлургии, химии и нефтехимии, добычи и транспортировки нефтепродуктов, с объектами топливно-энергетического комплекса загрязнён высокими концентрациями бензпирена, взвешенных частиц, диоксида азота, сероуглерода и формальдегида. Выбросы этих веществ распространяются на расстояние от 2 до 30 км вокруг стационарного источника.

Наибольшая доля в выбросах парниковых газов принадлежит углекислому газу (CO_2). Основным источником выделения этого загрязняющего атмосферу вещества — это предприятия энергетики, сжигающие ископаемое топливо.

Наибольшая площадь выпадений оксидов серы (500... 750 мг/м² в год) приходится на Калининградскую и Ленинградскую области и регионы РФ в составе Центрального федерального округа, граничащие с Белоруссией и Украиной, а также на приграничные с Грузией территории Краснодарского края и Республики Дагестан.

Основная доля выпадений оксидов азота (NO_x) — 350... 500 мг/м² в год — приходится на территории РФ в составе ЦФО, Калининградскую и Ростовскую области, а также на Краснодарский край.

Максимальная плотность выпадений восстановленного азота (NH_3) наблюдается в Калининградской области, на приграничных с Грузией территориях Краснодарского и Ставропольского краёв, а также на приграничных с Казахстаном территориях Астраханской, Саратовской и Оренбургской областей. При этом наибольшая доля выпадений восстановленного азота отмечается на территории Брянской, Орловской, Курской, Воронежской и Липецкой областей, сопредельных с Украиной.

Максимальная суммарная плотность выбросов на единицу площади фиксируется в Уральском, Центральном и Центрально-Чернозёмном экономических районах.

Концентрация дымовых газов в атмосфере при неблагоприятных метеорологических условиях возрастает и приводит к образованию густых токсических туманов. Известны катастрофические случаи скопления токсических веществ, сопровождающиеся тяжелыми заболеваниями и летальными исходами. Так, неоднократно в Лос-Анджелесе, на юге Калифорнии, в Великобритании, Германии и других странах отмечались густые туманы с повышенной концентрацией вредных веществ из смеси пыли и газов – смог. В январе 1956 г. смог, висевший 96 ч над Лондоном, унес около тысячи жизней.

В пылегазовых выбросах промышленности насчитывают около 140 вредных веществ. Многие из них, не имея запаха и цвета, порой невидимы, неосязаемы, не сразу воздействуют на организм. В их числе всевозможные органические растворители, альдегиды, другие вещества.

Загрязнители воздуха могут вызывать общее недомогание, снижение работоспособности, кашель, головокружение, спазмы голосовых связок, различные заболевания легких, глаз, общее отравление организма, ослабление сопротивляемости заболеваниям.

Промышленные выбросы, выхлопные газы, сажа, копоть, пыль в воздухе крупных городов образуют своего рода дымовые колпаки и ослабляют проникновение ультрафиолетовой части солнечного спектра. Например, в окрестностях Парижа, где нет промышленных предприятий, ультрафиолетовые лучи составляют около 3 % излучения, в районах с заводами и фабриками – 0,3 %. Недостаток ультрафиолетовых лучей приводит к развитию рахита и авитаминоза у детей и молодняка сельскохозяйственных животных.

Отмечаются мутагенное, канцерогенное, аллергенное, атеросклеротическое, эмбриотоксическое воздействие химических веществ на организм человека, вплоть до половой мутации. Установлено, что в районах, в которых интенсивность применения пестицидов выше в 3-4 и в 9 раз, уровень заболевания сердечно-сосудистой системы возрастает в 1,2 и 2,2 раза. Существует прямая достоверная связь между количеством применяемых средств защиты растений и числом случаев заболевания печени и желчевыводящих путей. В будущем прогнозируется значительное увеличение заболеваемости в результате использования пестицидов, и в частности рост спонтанных аборт, бронхитов, бронхиальной астмы, авитаминозов и др. Причина бронхитов, бронхиальной астмы, других легочных заболеваний, сердечно-сосудистых болезней в значительной степени заключается в загрязнении атмосферного воздуха. В последние годы усилились острые респираторные заболевания верхних дыхательных путей (ОРЗ), которые приводят к развитию хронического бронхита.

Вредные примеси в атмосфере задерживают ультрафиолетовые лучи. В крупных городах ослабляется прямое солнечное излучение. Загрязнение атмосферного воздуха ведет к изменению его электрических свойств, ионного состава. Наблюдения, проведенные в ряде штатов США, показали, что во всех обследованных городах дети страдали выраженными приступами единичных и повторных заболеваний легких чаще, чем дети, живущие в районах с более чистым воздухом. Это объясняется вредным влиянием сернистого газа и сульфатов на организм человека. Во всех странах увеличивается количество больных эмфиземой легких, возрастает число аллергических заболеваний, что связано в основном с промышленными выбросами. Считают, что около 10 % человечества подвержено воздействию аллергенов.

Большое распространение получил рак. Это также в значительной степени связано с тем, что атмосферный воздух содержит канцерогенные и мутагенные вещества. Большую опасность представляют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Отмечается прямая связь между загрязнением атмосферного воздуха канцерогенными углеводородами и степенью развития промышленности, транспорта, величиной городских агломераций. В сельской местности, где воздух чище, заболеваемость раком отмечается реже, чем в городах, особенно крупных. Вероятность заболевания раком легких для горожанина-курильщика в 10 раз выше, чем для некурящего сельского жителя, а загрязнители воздуха в городе, отравляя кровь оксидами углерода, наносят некурящему человеку такой же вред, как выкуривание курильщиком пачки сигарет в день.

Загрязнение атмосферного воздуха ведет также к отравлению и гибели животных, птиц и насекомых. Массовая гибель пчел, овец, крупного рогатого скота и домашней птицы отмечена в ряде стран вследствие выбросов предприятиями фторидов. У животных в случае воздействия повышенных концентраций фтора стареют зубы, что вызывает заболевание органов пищеварения, и кости скелета. При вскрытии павших животных часто выявляют поражения дыхательных путей и эмфизему легких. Загрязнение атмосферы приводит также к снижению плодовитости и продуктивности скота, уменьшению численности насекомых, в том числе пчел, гибели рыбы в водоемах.

Интенсивно загрязняется воздух на животноводческих комплексах, не оборудованных средствами его очистки. Такие комплексы с высокой концентрацией животных в них способствуют резкому повышению содержания в воздухе помещений и вокруг них аммиака, сероводорода и многих других веществ. Установлены зоны влияния комплекса на состояние атмосферного воздуха: свиноводческого на 54 тыс. голов – на 4 км, 24 тыс. голов – 2,15, 12 тыс. голов – на 1,5 км; предприятий по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота, выращиванию нетелей до 5 тыс. голов – на 500 м, по производству

молока на 800 и 1200 голов – 300, по производству говядины на 1200 и 2000 голов – на 500 м.

Валовой выброс загрязнений атмосферного воздуха только из организованных источников (система вентиляции) комплекса крупного рогатого скота на 6 тыс. голов в пересчете на аммиак составляет 57 кг в сутки, а суммарный в пересчете на органическое вещество – более 2000 кг в сутки. Свинокомплекс на 54 тыс. голов выбрасывает ежедневно 14 млрд. микробных тел, около 25 кг сероводорода, более 300 кг пыли от кормов и другие вредные для человека и животных компоненты. Комплекс на 6 тыс. голов крупного рогатого скота или на 54 тыс. свиней обуславливает примерно такое же загрязнение воздуха и воды, как город с населением в 400-500 тыс. человек.

В ветеринарии известны отравление овец и крупного рогатого скота выбросами алюминиевых заводов, содержащими много фторидов. Оседая из воздуха, эти соединения попадают на траву, и пасущийся на ней скот заболевает фтористой кахексией. В Швейцарии вблизи такого завода за 9 лет погибла треть местного скота.

Фториды и арсениды, содержащиеся в промышленных выбросах, вызывают высокую смертность пчел. Мышьяковые отравления – причина образования язв на теле крупного рогатого скота.

В различных странах мира неоднократно отмечалась гибель диких животных, в том числе косуль, оленей, зайцев, фазанов и другой дичи, в результате заражения атмосферы сернистым газом, мышьяком, сурьмой.

Загрязнение воздуха внутри животноводческих помещений аммиаком и высокая концентрация диоксида углерода оказывают вредное влияние и на обслуживающий персонал, и на животных.

Для растений вредны такие загрязнители воздуха, как соединения серы, фтора, оксид углерода, хлор и углеводороды. Они причиняют значительный ущерб сельскохозяйственным и лесным угодьям, садам и паркам, нарушая процесс фотосинтеза, замедляя рост и развитие растений, которые постепенно чахнут и гибнут. Установлено, что даже незначительные дозы сернистого ангидрида отрицательно сказываются на растениях. Из зерновых культур наиболее чувствительны к этому газу ячмень и овес, из овощных – шпинат, капуста, салат, редис. Вследствие загрязнения атмосферы заметно снижается урожайность таких культур, как картофель, сахарная свекла, томат, бобы, табак, арахис, соя, люцерна, виноград, апельсин. У ряда плодовых пород под влиянием загазованности воздуха уменьшаются размеры листьев, отмечается ранний листопад, что в сочетании с нарушением обмена веществ приводит на следующий год к замедлению роста побегов, формирования плодов, снижению их качества.

Данные научно-исследовательских учреждений свидетельствуют о том, что в зоне действия предприятий цветной металлургии урожай пшеницы сни-

жается на 40-45 %, содержание белка в зерне уменьшается на 25-35 %, а количество крахмала увеличивается. В радиусе 25-50 км от них резко падает содержание витамина С в овощах и картофеле.

Вокруг промышленных предприятий, в выбросах которых содержатся соединения серы, фтора и мышьяка, леса заметно угнетены, а часть деревьев усыхает даже на значительном расстоянии от источника загрязнения. Вредному действию промышленных газов наиболее подвержены хвойные породы.

Продуктивность фотосинтеза выше у тех растений, листья которых очищены от пыли, сажи и промыты водой (4,155-4,372 г/м²). В листьях деревьев, которые не были подвергнуты предварительной очистке и промывке, продуктивность фотосинтеза составила всего 3,022-3,245 г/м², т.е. снизилась примерно на 25 %. Установлено, что каждый квадратный метр листовой поверхности, находясь на расстоянии 350 м от источника выбросов отходов производства, удерживает 95-129 мг пыли и сажи в сутки, которые со временем смываются дождем.

Во многих городах вокруг предприятий и вдоль магистралей концентрация сернистого газа, диоксида азота, оксида углерода и пыли превышает ПДК (в расчете на человека) и представляет для него большую опасность. Для растительности такое количество газов, особенно SO₂, и пыли еще более вредно: допустимая максимальная разовая норма загрязнения воздуха диоксидом серы ниже 0,02 мг/м³, оксидами азота – 0,05, аммиаком – 0,1 мг/м³. Следовательно, токсичность SO₂ для растений в 25 раз выше, чем предусмотрено нормой для человека (0,5 мг на 1 м³ воздуха).

Тревогу вызывают кислотные дожди. Наблюдается ярко выраженный очаг подкисления осадков, связанный с антропогенным загрязнением атмосферы, выбросами серы и азота в основном предприятиями Германии и Великобритании, которые господствующими западными ветрами переносятся в Скандинавию, страны Балтии, Беларусь и Россию.

Подкисление особенно опасно для подзолистых кислых почв, в результате чего нарушается круговорот веществ. При этом происходит вымывание тяжелых металлов из почв, повышается их токсичность, уменьшается содержание кальция и угнетается рост растений. В Центральной Европе уже повреждено около 1 млн. га хвойных пород, а около 100 тыс. га погибает. Экологически мертвы многие озера Канады, Швеции. Анализы показывают, что вода в ряде озер в странах Скандинавии по кислотности сравнима с томатным соком и молочной сывороткой, а выпадающие здесь осадки приравниваются по кислотности к столовому уксусу и кислому виноградному вину. В драматической ситуации оказалась Норвегия. В стране не выбрасываются в атмосферу соединения серы, так как электроэнергию в основном вырабатывают на гидроэлектростанциях, но горы, представляя своего рода ловушку, способствуют конденсации

подкисленных загрязненных осадков. В результате в связи с изменением химического состава воды жизнь в половине озер Норвегии прекратилась. Поэтому очень важно соблюдение всеми странами Европы, США и Канадой подписанной в 1979 г. Конвенции об уменьшении переноса трансграничных потоков антропогенных загрязненных веществ, ибо природные процессы не знают государственных границ.

Сернистый ангидрид, взаимодействуя с водой и парами воздуха, уже в виде сернистой кислоты попадает на строительные материалы и способствует старению и разрушению зданий. Кислотосодержащие дожди и пары вызывают коррозию железных и оцинкованных крыш.

Оксиды азота особенно токсичны для человека и животных. В воздух больших городов мира ежегодно поступает 53 млн. т этих соединений. Они вызывают головокружение, рвоту, потерю сознания, респираторные болезни, понижают кровяное давление и т.д.

Предполагаются и другие, косвенные, факторы опасности для здоровья, оказывающиеся результатом кислотного дождя. Они связаны с высвобождением тяжелых металлов из почвы и осадочных пород вследствие усилившегося окисления. Эти металлы могут попадать в подземные воды, озера и реки, откуда берут питьевую воду, в продукты питания и, в конечном счете, в организм человека.

В условиях повышенной концентрации вредных веществ в воздухе зоны действия химических предприятий скорость коррозии железа и его сплавов выше в 20, алюминиевых сплавов – в 100 раз, чем в сельской местности. Увеличение уровня загрязнения атмосферы в 2 раза способствует сокращению срока эксплуатационной службы промышленного оборудования до первого капитального ремонта в 1,5 раза. В Италии от загрязнения воздуха сильно страдают бесценные памятники культуры.

Способы защиты от кислотных дождей сводятся к снижению содержания серы в различных видах топлива, запрету производства фреонов. Количество оксидов азота можно уменьшить снижением температуры горения, т.е. изменением технологии. Строительство высоких труб, сокращающее выбросы соединений серы и азота вблизи источников их выделения, безнравственно по отношению к другим странам. Для уменьшения загрязнения озер и почвы их известкуют, т.е. добавляют в воду и вносят в почву щелочные вещества (например, карбонат кальция).

Предупреждение и способы снижения загрязнения

Проблема борьбы с атмосферным загрязнением сложна, многогранна и требует много сил и средств. Однако современный уровень научно-технического прогресса позволяет уменьшить образование опасных веществ и

разработать меры, предупреждающие загрязнение ими.

Мероприятия, направленные на предупреждение загрязнения атмосферного воздуха и снижение вредных примесей в нем, можно объединить в 4 группы.

1. Улучшение существующих и внедрение новых технологических процессов, исключающих выделение опасных веществ в самом источнике их образования.

2. Улучшение состава топлива, аппаратов, карбюрации и снижение или устранение выбросов в атмосферу с помощью очистных сооружений.

3. Предотвращение загрязнения атмосферы рациональным размещением источников вредных выбросов и расширением площадей зеленых насаждений.

4. Расширение альтернативных источников энергии.

В комплексе мероприятий по борьбе с загрязнением атмосферы важное место принадлежит совершенствованию технологий производственных процессов и двигателей, герметизации оборудования – источника вредных веществ, очистке дымовых и вентиляционных газов, разработке более эффективных способов сжигания топлива, замене твердого и жидкого топлива природным газом, созданию новых типов двигателей для автомобилей.

Основные пути снижения загазованности воздуха – дальнейшее совершенствование газопылеулавливающих фильтров. Следует отметить, что улавливаемые вещества относятся к остродефицитным в народном хозяйстве.

На совершенствование установок для очистки воздуха направлены значительные средства, но эти затраты быстро окупаются. Наиболее совершенны электрофильтры, эффективность которых достигает 99,9 %.

В числе мер, предохраняющих загрязнение атмосферы, значительную роль играет правильное зонирование, т.е. устройство санитарно-защитных зон. В соответствии с этим предприятия располагают на возвышенных местах и с подветренной стороны жилых массивов. Зону между ними не менее чем на 40% озеленяют растениями, устойчивыми к вредным веществам. Ширина зеленых зон в зависимости от вредности выбросов и степени их очистки в технологическом процессе может быть 1000, 500, 300 и 50 м. Установлено, что при наличии санитарно-защитной зоны запыленность воздуха на расстоянии 1,5 км снижается в 2, а загрязнение диоксидом серы – в 3 раза. После аварии на АЭС в Чернобыле резко расширена санитарно-защитная зона. Однако, например, Астраханский газоконденсаторный комплекс имеет санитарно-защитную зону шириной 3 км вместо расчетной 20 км. Здесь на расстоянии 8 км было зарегистрировано превышение содержания в воздухе сероводорода в 243 раза, сернистого ангидрида в 100 раз и более. Вредное воздействие от выбросов Астраханского комплекса при восточных ветрах ощущается даже в Элисте – на расстоянии 300 км.

Между тем в США предпочитают не производить серу, а импортировать

ее, чтобы избежать загрязнения воздуха сернистым газом.

Все предприятия, загрязняющие атмосферный воздух, необходимо выводить за пределы городской черты. Категорически запрещается размещение вблизи друг от друга предприятий разного профиля, так как их выбросы способны вступать в фотохимические реакции с образованием еще более опасных веществ.

Для снижения загрязнения воздуха автотранспортом важное значение имеют планировка улиц и организация автомобильного движения по принципу «зеленой волны», которая способствует безостановочному движению потока машин по городским магистралям.

В связи с ростом парка автомобилей в Беларуси и других странах мира усилия ученых и конструкторов направлены на создание таких моторов для автомобилей, которые бы исключали или ограничивали выброс вредных компонентов в воздух. Перспективно в этом отношении использование сжиженного газа. Благодаря более полному сгоранию топлива автомобили выбрасывают в атмосферу значительно меньше вредных веществ, чем работающие на бензине. Возможно создание электромобилей, в которых энергоносителем служит солнечное излучение. А пока проблема борьбы с выхлопными газами должна решаться регулированием двигателей и карбюраторов. Промышленность перешла на выпуск более "чистых" дефорсированных двигателей для автомобилей, благодаря чему снизилась токсичность выхлопов. Уже сейчас автопарк Москвы, Санкт-Петербурга и ряда других городов России обеспечивается бензином прямой перегонки нефти без добавления тетраэтилсвинца. Это обуславливает значительное снижение концентрации ядовитых свинцовых соединений в воздухе.

Важное место в борьбе с загрязнениями атмосферы принадлежит электрификации, газификации и теплофикации, которые получили в нашей стране широкое распространение.

Большое значение в борьбе с загрязнением воздуха имеет применение вместо химических биологических средств защиты растений – аттрактанов (феромонов), а также других биопрепаратов, вызывающих болезни вредителей – бактерий, вирусов, грибов и др. К биологическим методам защиты относится также использование фитофагов – естественных врагов различных вредителей.

Иногда при отсутствии ветра могут наблюдаться экстремальные концентрации загрязнителей воздуха. В этих случаях экономически выгодно временно сокращать выбросы в атмосферу. Капитальные затраты нецелесообразны. В России разрабатывают приемы регулирования выбросов при опасных метеорологических условиях. К ним можно отнести сведение до минимума неорганизованных выбросов, переход на более качественное топливо с низким содержанием серы, остановка на короткий срок второстепенных производств,

дающих большое количество выбросов, со смещением технологических процессов. Так, в Санкт-Петербурге на некоторых ТЭЦ при неблагоприятно сложившейся погоде, способствующей концентрации выбросов, оперативно используют газ или малосернистое топливо, а иногда даже полностью отключают котлы, функционирующие на высокосернистом и многозольном топливе.

Самый лучший способ очистки загрязненного воздуха и утилизации – фотосинтез. Именно зеленые растения обеспечивают чистоту воздуха. Однако следует отметить, что при сильной его загрязненности интенсивность фотосинтеза заметно снижается.

Установлено, что за плотной четырехрядной посадкой древесных насаждений концентрация оксида углерода в 2-3 раза ниже, чем за одно-двухрядными насаждениями с несомкнутыми кронами и без кустарника. Растительность снижает также концентрацию других газов и пыли. Наблюдения показали, что основная масса выбросов приходится на расстоянии 300-500 м от источника их образования. В этих условиях растения претерпевают значительные скрытые и видимые изменения: скручиваются листовые пластинки, преждевременно высыхают, опадают листья, хвоя. Поэтому плотность насаждений в зоне действия источника загрязнения должна быть высокой.

Зеленые насаждения уменьшают загазованность и загрязнение вредными выбросами, улучшают микроклимат. Максимальное количество вредных выбросов наблюдается в зимнее время, в связи с чем необходимо увеличивать площади зеленых насаждений и хвойных пород, выполняющих функции в течение всего года.

Удаление с поверхности листьев сажи, пыли и грязи методом санитарно-гигиенических душей способствует восстановлению активности растений.

Все названные меры снижают или полностью исключают загрязнение атмосферы. За чистотой воздуха и переменами, происходящими в нем, постоянно следят органы санитарного контроля санитарно-эпидемиологической службы. Анализы воздуха проводят на стационарных пунктах и в зонах промышленных предприятий.

Во всех крупных городах постоянно контролируют качество воздуха. Примерно в 70% городов отмечены снижение или стабилизация уровня загрязнения воздуха пылью, сернистым газом и сероводородом. Обоснованы и утверждены ПДК для 44 вредных веществ – загрязнителей атмосферного воздуха и десятков их комбинаций. Установлены также предельно допустимые выбросы (ПДВ) для всех основных промышленных предприятий.

Несмотря на стабилизацию и некоторое снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в целом, по-прежнему будет актуальна проблема загрязнения воздушного бассейна формальдегидом (среднегодовые концентрации составят 2-3 ПДК), основным источником которого является автомобильный

транспорт.

Шумовое загрязнение атмосферы

Шум стал одним из основных загрязнителей окружающей среды.

Сильный неожиданный звук и даже небольшой шум, и тем более транспорта, могут привести к эмоциональному и поведенческому стрессу, нарушить покой человека и животного, вызвать быструю утомляемость, звон в ушах, головокружение, усиленное сердцебиение, головную боль, повысить кровяное давление.

Отсутствие шума – показатель высокой культуры труда и один из факторов повышения его производительности.

Самый распространенный и мощный источник городского шума – транспорт, который составляет 60-80 % всех шумов, воздействующих на человека. Звук от проходящего транспорта, многократно отражаясь от стен зданий, создает большой уровень шума – 80-82 дБ. Исследования показывают, сто транспортные потоки районных магистралей больших городов составляют 500-1000 машин в час, городских – 1000-2000, а в часы пик достигают 4000 машин в час. Пропускная способность магистралей многих городов не соответствует интенсивности транспортного потока.

Неожиданный сильный шум может привести к параличу сердца. Под воздействием шума развиваются сердечно-сосудистые заболевания. Язвенная болезнь, гастрит, нарушения обмена веществ чаще встречаются у людей, живущих и работающих в аномальной шумовой обстановке.

Безвредный порог шумового загрязнения – 70 дБ. Уровень шума свыше 130 дБ может вызвать акустические травмы.

Проблема защиты от неблагоприятного действия шума стала международной и находится в центре внимания многих общественных организаций и государственных инстанций. Комитет по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН еще в 1968 г. разработал предельно допустимые уровни внешнего шума от автотранспорта, в соответствии с которыми в зависимости от категории транспортных средств он не должен превышать 84-85 дБ. Однако интенсивность шума во многих городах мира достигает 85-105 дБ.

На ряде предприятий имеются так называемые комнаты психологической разгрузки. Они оборудованы видеомэгагнитофонами, диапроекторами и устройствами, имитирующими аромат сосновых насаждений, весеннего благоухания сада, полевых цветов. Мягкое освещение и приятная музыка снимают усталость, успокаивают и укрепляют здоровье человека, способствуют созданию благоприятного психофизиологического режима работы и повышению производительности труда.

В сельском хозяйстве основные источники шумового загрязнения – мо-

бильная техника (автомобили, тракторы, комбайны), а также стационарные двигатели. На животноводческих комплексах используют тракторы, кормораздатчики, подвесные дороги, доильные установки и др. Здесь интенсивность шума превышает 70 дБ. На птицеводческих фабриках, где уровень механизации весьма высокий, интенсивность шумового загрязнения достигает 95-100 дБ.

Вследствие шума у коров повышается температура, учащаются пульс и дыхание, снижается частота движения рубца и жвачки, уменьшается количество гемоглобина и эритроцитов. Изменяются и другие физиологические показатели животных. Возрастает их нервная возбудимость и, как следствие, падает продуктивность. Поэтому важно при строительстве животноводческих помещений предусматривать снижение шума до 70 дБ, а на птицефабриках – до 90 дБ.

К мощным источникам стресса относятся электромагнитные поля, которые особенно ощущаются на животноводческих и птицеводческих фермах. Проблема профилактики животных от их воздействия стала особенно важной. Под влиянием шумов, электромагнитных полей и скученности животных и птиц возникают патологические явления: матери уклоняются от кормления приплода, у свиней и птиц отмечаются случаи каннибализма. Стрессовые реакции приводят к различным клиническим заболеваниям, перенапряжению защитно-приспособительных свойств организма.

Исключительной способностью задерживать и поглощать значительную часть звуковой энергии, особенно звуки высокой частоты, обладают растения, которые представляют собой в этом отношении своеобразные фильтры и экраны. Их листовая поверхность, отражая и поглощая звуковую энергию вследствие высокого акустического сопротивления, переводит ее в тепловую. Густая живая изгородь способна уменьшить шум, производимый машинами, в 10 раз. Древесные породы, особенно лиственные, в данном случае более эффективны, чем кирпичная или бетонная стена. Этому способствуют различная ориентация листовых пластинок, эластичность, опушенность и колебания листьев.

Наибольшим звукопоглощающим эффектом характеризуются древесные породы, имеющие большую площадь и густоту листьев. Хвойные породы отличаются более низкой звукопоглощающей способностью, но их влияние проявляется в течение всего года. Установлено, что клен поглощает звук в 2 раза интенсивнее, чем ель. Тополь и липа имеют более низкий коэффициент звукопоглощения, но выше, чем у ели. Наилучшей звукопоглощающей способностью обладают насаждения, в составе которых находятся как деревья, так и кустарники в виде живой изгороди.

Древесные культуры способны изолировать шум. Доказано, что наивысший звукоизолирующей способностью обладают зеленые перегородки из клена (снижают уровень шума до 15 дБ), далее располагаются тополь (до 11 дБ), липа

(до 9 дБ), ель (до 5дБ). В целом в городских условиях, где распространению и усилению шума способствуют здания и асфальтовое покрытие дорог и тротуаров, зеленые насаждения при их правильной планировке и размещении способны снизить уровень шума до 15 дБ, а наиболее оптимальная ширина противозвуковой зеленой полосы 20-25 м.

К другим важным мерам относятся:

- обновление парка транспортных средств в городах на экологически чистые и дальнейшее развитие общественного транспорта, в первую очередь электрифицированного;
- разработка эффективных способов обеспечения экологической безопасности автомобильных дорог;
- рациональная организация движения транспорта в городах;
- организация выпуска нейтрализаторов отработавших газов автомобилей.

8. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Охрана, использование и улучшение сенокосов и пастбищ

Луга и пастбища относятся к естественным кормовым угодьям. Термином «пастбище» называют кормовое угодье, которое используется для выпаса стад сельскохозяйственных животных. Луг или степь, используемые для заготовки зеленой массы или сена, называют *сенокосом*. От сенокосов пастбища отличаются не только способом хозяйственного их использования, но и целым рядом экологических признаков. В отличие от сенокоса пастбище подвергается воздействию стада - экологического фактора, который оказывает влияние на почву, травостой и другие компоненты природного комплекса.

Естественные луга и пастбища в России и странах СНГ занимают площадь 320 млн. га. Природные сенокосы (суходольные, низинные, приморские, пойменные, лиманные, степные, горные и др.) доставляют 12% всей площади кормовых угодий. Они сосредоточены главным образом в России, Казахстане, Беларуси и на Украине. От всей площади природных пастбищ бывшего СССР на Казахстан приходится 55%, на государства Средней Азии--21%, Российскую Федерацию -- 18%.

Природные сенокосы и пастбища, занимая такие огромные площади, неоднородны. Они различаются по условиям местообитания, видовому составу травостоя и обилию трав в них, поедаемости различными видами и группами животных, отавности, урожайности, объему производимой с единицы площади животноводческой продукции, сезонности, длительности использования и т.д.

Из общего числа сенокосных и пастбищных растений более 500 видов ре-

комендованы для введения в культуру. Из стародавних кормовых культур используют 193 вида, за последние 50-60 лет введены в культуру еще более 90 видов. Получили положительную оценку при проверке в научных учреждениях 72 вида. В СНГ на лугах произрастает около 1000 видов отлично и хорошо поедаемых растений и более 1200 видов удовлетворительно поедаемых.

Важный резерв пастбищ составляют покрытые лесом участки (редколлестье). Здесь скот пасется по изреженным лесам из лиственных древесных пород (березы, осины) старшего возраста. В хвойных же или хвойно-лиственных лесах, особенно с участием ели, травы под пологом мало, поэтому они не представляют пастбищной ценности. Надо иметь в виду, что здесь чаще встречаются несъедобные и ядовитые растения, обычно скот сюда не выгоняют.

Лесные пастбища лучше использует крупный рогатый скот старше года. Для пастбы в лесу целесообразно формировать более или менее однородные группы скота (по возрасту, полу, продуктивности). Более отдаленные участки таких пастбищ надо использовать для организации лагерей для молодняка старше года, сухостойных, не стельных коров, нетелей. Лучшие и ближние участки отводят под выпас дойных коров.

Пастьбу на лесных территориях ведут по особому регламенту и правилам. Здесь ограничивают количество животных на одного пастуха с подпаском, например, число голов крупного рогатого скота снижают до 60, поскольку надзор за скотом в лесу затруднен. На возвышенных участках, в изреженных насаждениях без подлеска можно пасти овец, так как для них вредны сырые и заболоченные участки. Телята до одного года должны быть обеспечены культурными пастбищами около ферм.

Загонная пастьба на лесных площадях возможна так же, как и на пастбищах. В качестве условных загонов используют поляны, прогалины, вырубки. Границами их могут служить просеки, дороги, реки, ручьи и другие ориентиры.

Крупные лесные поляны с плодородными почвами, но выродившимся травостоем можно распахивать и временно выращивать растения полевой культуры в системе зеленого конвейера.

Важно при отводе лесопастбищных участков соблюдать концентрацию пользования, т.е. пастьба скота должна быть сосредоточена на ряд лет в одной части дачи, квартала или группы кварталов, чтобы в другой организовать посадку лесных культур.

Учитывая, что один из недостатков лесных пастбищ – отсутствие водопоев, во многих случаях следует решать вопрос о водоснабжении, чтобы до минимума сократить прогоны скота, приводящие в сбой растительности.

К особой категории угодий относят пастбища на слабо закрепленных почвах. Пески разной степени связанности распространены в пустынной, полупустынной, степной и лесостепной зонах. Они относятся к очень ранимым зем-

лям и при неосторожной пастьбе легко превращаются в развеваемые массивы. Восстановление таких фитоценозов в случае их разрушения происходит медленно, а иногда этот процесс необратим. Обедненность фитоценозов в видовом отношении благоприятствует углублению процесса деградации. Многолетние травы вытесняются и заменяются на однолетние сорные виды. Правильное использование таких пастбищ (пастбищеобороты, сменная пастьба и др.) позволяет не только сохранить, но и увеличить их емкость. Скорость деградации пастбищ на легких почвах весьма значительна. Превращение их в сыпучие пески может произойти в течение 1-3 лет, в то время как процесс естественного зарастания продолжается 15-20 лет. Чтобы предотвратить эти процессы, на слабо- и среднезаросших песках необходимо временно прекратить пастьбу скота. На сильно заросших бугристых песках и пастбищах на песчаных почвах его следует выпасать в основном зимой (по снеговому покрову, по мерзлой или хорошо увлажненной почве). Сбитые и сильноэродированные участки пастбищ целесообразно исключать из пользования на 1-2 года.

К приемам экологической защиты природных сенокосов и пастбищ относят:

- улучшение условий питания растений главным образом внесением удобрений; при использовании высоких доз удобрений ($N_{120} P_{60} K_{80}$) получают 7,8-10,1 т сена с 1 га;

- улучшение условий увлажнения: снегозадержание с помощью не скошенных полос шириной на связных почвах 30-40 см, на легких – 1,5-2,0 м через каждые 12-15 м или оставлением высокой стерни, а также щелевание, осушение, орошение, затопление;

- улучшение водно-воздушного режима сильно задернованных лугов омоложением травостоя с помощью боронования, дискования или фрезерования: старую пырейную залежь для периодического омоложения пашут на глубину 15-18 см с внесением полного компонента минерального удобрения, после вспашки пласты дискуют и прикатывают, затем высевают бобовые (люцерна, эспарцет), прикатывают их; улучшенную залежь используют 4-5 лет, а затем опять омолаживают;

- увеличение густоты стояния растений, подсев трав в дернину после легкой разработки ее дисковыми орудиями;

- улучшение состояния угодий – уничтожение кочек, кустарников, уборка валунов и др.

Если в видовом составе трав ценных видов сохранилось до 10-15 % всей массы растений, то лучше такие участки оставлять на отдых и для естественной смены растительности. Коренное улучшение, при котором распахивают дернину и естественную растительность, заменяя ее культурными травами, проводят при массовой деградации травостоя, появлении в обилии ядовитых и малоцен-

ных в кормовом отношении трав.

На пастбищах и сенокосах произрастает ряд вредных, непоедаемых и ядовитых растений: бодяк, чертополох, татарник, тысячелистник, коровяк, молочай, горчак и др. Для борьбы с ними рекомендуется использовать следующие методы: подкашивание в фазе стеблени и скашивание до созревания семян; перевод на несколько лет засоренных сенокосов в пастбище с одновременным подкашиванием несъедобных остатков; ручная выкопка и подрезка лютика, гармалы и молочная при невысокой засоренности ими пастбищ и сенокосов.

В целях борьбы с сорняками, засоряющими шерсть овец, в частности для уничтожения крымского репея (люцерны малой), лучший метод – стравливание до начала плодоношения. Нельзя допускать отдыха овец на участках, где плоды репея созрели. Наиболее эффективный прием – глубокая вспашка с последующим посевом многолетних трав.

Для борьбы с ковылем – волосатиком, зерновка которого проникает в кожный покров овец, рекомендуют усиленное стравливание его зарослей весной и в начале лета до массового цветения. По наблюдениям на черных землях, такое стравливание и вытаптывание значительно снижают жизнеспособность растений ковыля и подавляют образование на них генеративных побегов.

Одно-двулетние сорняки (липучка, прищепник и др.) можно уничтожить скашиванием их до начала плодоношения. Такие засорители шерсти, как костер кровельный и овсюг, уничтожают дискованием или перепашкой засоренных участков с последующим посевом травосмесей из культурных видов трав.

Улучшение и рациональное использование пастбищ и лугов помимо обеспечения животноводства кормами решают и вторую, не менее важную задачу – надежную защиту почвы от водной и ветровой эрозии. Лучшие многолетние травы для залужения склонов – пырей промежуточный, кострец безостый, костер прямой, рейграс высокий, житняк, типчак, волоснец, донник, эспарцет и др. При залужении склонов используют травосмеси из двух бобовых и двух злаковых трав. Улучшенные малопродуктивные пастбища на склонах дают в 5-7 раз больше корма, чем без залужения. Искусственные поливные луга снимают чрезмерную нагрузку с естественных (неполивных) пастбищ и тем самым обеспечивают их защиту.

Рациональное использование сенокосов и пастбищ – верный путь сохранения растительных ресурсов на огромных территориях.

Лес – важнейший природный ресурс

Леса – это не только источник возобновляемых сырьевых и энергетических ресурсов, но и сокровищница биологического и ландшафтного разнообразия, важный средообразующий и природоохранный фактор.

В состав земель *лесного фонда* входят лесные и нелесные земли. К лесным

землям относятся земли, покрытые лесом, а также не покрытые лесом, но предназначенные для его восстановления (вырубки, гари, погибшие древостои, редины, пустыри, прогалины, площади, занятые несомкнувшимися лесными культурами, и др.).

К нелесным землям относятся земли, используемые для сельскохозяйственных целей, занятые просеками, дорогами, противопожарными разрывами, мелиоративной сетью и др., а также иные земли в границах лесного фонда (болота, водоемы и водотоки, другие неудобные для выращивания леса земли), предоставленные для нужд лесного хозяйства.

Россия является крупнейшей лесной державой. По обеспеченности лесами она занимает первое место в мире, обладая 22% площади мировых лесов, 1/4 запасов древесины и 2/3 мировых запасов бореальных и умеренных лесов.

Общая площадь лесов, по данным статистической отчетности Рослесхоза на 01.01.2017, составляет 1 184 млн га, из них леса на землях лесного фонда — 1 146 млн га (96,8%), на землях обороны — 4,9 млн га (0,4%), на землях особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ) — 26,6 млн га (2,3%), на землях населенных пунктов — 1,5 млн га (0,1%), на землях иных категорий — 4,6 млн га (0,4%).

Площадь покрытых лесной растительностью земель составляет 795 млн га (46,4% площади России). При этом на долю земель лесного фонда приходится 97% покрытых лесом площадей (770,4 млн га) и 2% на земли ООПТ.

Среди занятых основными лесообразующими породами земель лесного фонда преобладают хвойные насаждения (преимущественно лиственницы, сосны и ели) — 76%; мягколиственные насаждения (преимущественно березы и осины) занимают 22% площади, остальная территория приходится на насаждения твердолиственных пород. При этом необходимо отметить крайне высокую долю лиственницы в составе лесов, которая имеет ограниченное использование в лесной промышленности.

Из 82,8 млрд куб. м общего запаса древесины в лесах России, основные ее запасы сосредоточены в лесах, расположенных на землях лесного фонда (79,7 млрд куб. м). Значительная часть лесов недоступна из-за недостаточного развития дорожной инфраструктуры.

Традиционным для российского лесного хозяйства является деление лесов по целевому назначению: в соответствии с действующим лесным законодательством леса, расположенные на землях лесного фонда, подразделяются на защитные (279 млн га; 24,3%), эксплуатационные (598,6 млн га; 52,2%) и резервные леса (268,5 млн га; 23,5%). Такое деление регулирует особенности ведения лесного хозяйства в лесах, обеспечивая их непрерывное и неистощимое использование.

Запасы древесины в значительной степени определяются возрастным составом лесов. Наличие приспевающих и спелых насаждений, в свою очередь, определяет возможности дальнейшей эксплуатации лесов в порядке главного пользования.

Основные экологически значимые направления лесопользования и лесохозяйственной деятельности

Лесохозяйственные мероприятия и лесные пользования должны осуществляться способами, не наносящими вреда окружающей среде, растительному и животному миру, здоровью человека.

Ведение лесного хозяйства должно обеспечивать:

- сохранение и усиление средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных природных свойств лесов в интересах охраны здоровья человека и улучшения состояния окружающей среды;

- многоцелевое, научно обоснованное, непрерывное, неистощимое и рациональное пользование лесом для удовлетворения потребностей отраслей экономики, юридических и физических лиц в древесине, другой лесной продукции и природных полезных свойствах леса;

- воспроизводство, улучшение породного состава и качества лесов, повышение их продуктивности, охрану и защиту лесов;

- рациональное использование земель лесного фонда;

- повышение эффективности ведения лесного хозяйства на основе единой технической политики, использования достижений науки, техники и передового опыта;

- сохранение генофонда, биологического и ландшафтного разнообразия лесов;

- сохранение объектов историко-культурного и природного наследия.

Действующая в настоящее время модель управления лесным хозяйством определена характером развития рыночных отношений в России и закреплена Лесным кодексом Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ.

Основным видом использования лесных ресурсов по-прежнему является заготовка древесины, осуществляемая на площади более 170 млн га.

В лесу заготавливают многочисленные пищевые ресурсы: орехи кедра, лещины, плоды яблони, вишни, груши, ягоды. Эксплуатационные запасы только самых распространенных из них составляют 7,4 млн т, а биологические запасы 13,4 млн т. Предпринимательская деятельность по заготовке пищевых лесных ресурсов осуществляется на основании договоров аренды лесных участков. В аренду передано 342 лесных участков общей площадью 2 млн га. Основная их площадь сосредоточена на Дальнем Востоке (Приморский край — 697 тыс. га и

Хабаровский край — 312 тыс. га) и в Сибири (Томская область — 444 тыс. га, Республика Бурятия — 123 тыс. га). Необходимо отметить, что в Европейской части в основном производится заготовка грибов, ягод, а в Азиатской части — орехов.

В лесах проводятся сенокосение и пастьба скота, размещаются пасеки. Северные леса являются кормовой базой оленеводства. Использование лесных участков для осуществления видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства расширяется и составляет примерно 50 млн. га, более 16 млн. га используется для ведения сельского хозяйства.

В субъектах Российской Федерации с высокой плотностью населения приоритетным видом использования лесов является осуществление рекреационной деятельности. Площадь лесных участков, предоставленных для этих целей, составляет более 30 тыс. га. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, в ближайшем будущем прогнозируется увеличение спроса на лесные продукты и услуги лесов, что сохранит значимость лесных ресурсов и лесного хозяйства для развития мировой экономики. Рыночная стоимость в мире только недревесной продукции лесов, по неполным данным, так как большинство из этих продуктов не представлены на товарных рынках, достигает 20 млрд. долл. США.

Охрана отдельных видов растений и растительных сообществ

В природоохранном комплексе сбережение и рациональное использование растений занимают видное место. Особое значение это приобретает в век технического прогресса, когда антропогенный пресс вызывает коренные изменения в составе, распределении и численности отдельных видов растений и их сообществ, что выражается, прежде всего, в уничтожении диких растений в процессе их непосредственного использования (рубка, выкашивание, стравливание скоту, сбор ягод, лекарственных трав, цветов и т.д.). В результате сельскохозяйственных, мелиоративных, водохозяйственных, строительных и изыскательных геологических работ нередко ухудшаются условия жизни диких растений и их сообществ. Отрицательно сказывается на их состоянии и загрязнение окружающей среды.

На земном шаре практически не осталось территорий с первозданной природой, чистых естественных растительных сообществ. Ускоряются сукцессии, элементом которых стало полное исчезновение растений или переход их в категорию редких и исчезающих видов. Повышение антропогенной нагрузки ведет к усилению процессов гибридогенеза, мутагенеза, канцерогенеза, влияющих на мировой генетический фонд. Так, многие из основных зерновых культур в развитых странах имеют ограниченную генетическую базу, наблюдается

генетическая эрозия видов. В результате опустынивания, сведения лесов, прежде всего дождевых, уменьшения гетерогенности экосистем, снижения супрессивности почв человек может потерять многие виды, так и не узнав об их существовании и роли, которую они играли.

На громадной территории СНГ с ее разнообразными почвенно-климатическими условиями произрастает ценная травянистая и древесная растительность. Только высших растений насчитывается более 14 тыс. видов. Они используются в разнообразных целях (как лекарственное сырье, как кормовая база для домашних и диких животных, как генофонд для выведения новых форм и сортов культурных растений).

Эти растения и их сообщества наиболее подвержены отрицательному воздействию хозяйственной деятельности человека, деградации и пастбищной депрессии. Поэтому они нуждаются в особой охране и грамотном использовании. Следует добавить, что из всей флоры в хозяйственных целях широко используются лишь 1,5% видов растений. Для селекции сельскохозяйственных культур во флоре нашей страны представляют интерес в настоящее время около 600 видов. Помимо них встречаются редкие и исчезающие эндемики и реликты, которые перспективны для введения в культуру.

Видовое разнообразие (гетерогенность) растений является основой стабильности экосистем, расширения и улучшения селекционной практики.

Заповедные территории (заповедники, национальные парки, ботанические заказники, ботанические сады), а также интродукционные питомники и лесхозы имеют исключительное значение в изучении, сохранении и размножении редких и очень редких видов.

Научно обосновано, что для восстановления устойчивости природы для материального и духовного благополучия людей необходимо отвести под заповедники примерно треть территории страны. Это обеспечит наше выживание, сохранение видового многообразия, а значит, и стабильность экосистем. Помимо этого около трети территории должно быть отведено под зоны отдыха и контролируемого туризма (национальные парки, охотничьи хозяйства и т.д.)

Любой вид растений тесно взаимосвязан с другими растительными организмами (и животными) и средообразующими (вода и воздух) физическими и химическими факторами природных компонентов. Поэтому охрана редких и исчезающих видов должна включать растительные сообщества, в которых произрастают эти виды.

Растительные сообщества на сенокосах и пастбищах включают около 55% видов флоры. Поэтому сенокосы и пастбища требуют более тщательной охраны, обогащения и прогрессивных приемов стравливания пастбищ (загонная система пастбы в системе пастбищеоборота и др.).

Охране подлежат вся флора и ее группировки (фитоценозы). Больше об-

ращают внимание на редкие и исчезающие виды растений. В мире таких видов около 25 тыс. Потеря любого вида растений как неповторимого генофонда недопустима. Необходимо предпринимать различные меры по их спасению. Создание Красной книги является важным направлением в охране растительного мира. Конкретной формой охраны растительности является закон «Об охране окружающей среды».

9. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИВОТНОГО МИРА

Животный мир является неотъемлемым элементом природной среды и биологического разнообразия, важным регулирующим и стабилизирующим компонентом экосистем. Деятельность человека (промышленность, сельское, лесное хозяйства и др.) оказывает влияние на животный мир не только непосредственно используя его ресурсы (охота, рыболовство), но и влияя на среду обитания. При этом животный мир оказывается одним из самых уязвимых компонентов природы и любое изменение непременно сказывается на его состоянии и, соответственно, на биологическом разнообразии.

Невозможно переоценить значение животного мира в поддержании стабильности биосферы. Вместе с тем все нарастающее давление хозяйственной деятельности человека приводит к исчезновению отдельных видов диких животных или целых систематических групп, изменению среды их обитания и, в конечном итоге, может привести к необратимым и катастрофическим последствиям. Во избежание этого, при пользовании ресурсами животного мира необходимо руководствоваться принципом их рационального использования в сочетании с мероприятиями, направленными на их поддержание и сохранения биоразнообразия.

Во всем мире значительное внимание уделяется совершенствованию нормативной правовой базы, направленной на обеспечение сохранения биологического разнообразия и рациональное использование ресурсов животного мира. В настоящее время в стране действует более 30 нормативных правовых документов разного уровня, регулирующих вопросы охраны и использования ресурсов животного мира.

Основные вопросы охраны животного мира отражены в положениях Федерального закона «О животном мире» (1995 г.), который предусматривает следующие основные экологические требования:

- 1) сохранение видового разнообразия;
- 2) охрану среды обитания и условий размножения;
- 3) сохранения целостности сообществ;
- 4) рациональное использование и регулирование численности.

Значительное внимание в Законе уделено сохранению диких животных, предотвращению или минимизации последствий негативного воздействия на объекты животного мира и среду их обитания. Так, например, предусмотрено, что при осуществлении строительной или иной деятельности, оказывающей вредное воздействие на объекты животного мира или среду их обитания обязательно проведения мероприятий, обеспечивающих их охрану. В случае если проведение таких мероприятий не возможно, производятся компенсационные

выплаты.

В целях обеспечения контроля за законностью владения дикими животными, условиями их содержания, а также обеспечения сохранения редких и исчезающих видов предусмотрена обязательная регистрация содержащихся и (или) разведенных в неволе диких животных (включая их потомство, достигшее возраста трех месяцев), относящихся к видам, включенным в Красную книгу, либо охраняемых в соответствии с Конвенцией о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (Конвенция СИТЕС).

В некоторых случаях дикие животные наносят вред сельскому, лесному, охотничьему и (или) рыбному хозяйству, создают угрозу или препятствуют транспортному сообщению, функционированию линий электропередачи, промышленных и военных объектов. В таких случаях возможно проведение мероприятий по регулированию распространения и численности таких видов диких животных.

В соответствии с действующим законодательством охрану животных, ресурсами которых человек пользуется для нужд общества (рыба, охотничьи виды и др.), осуществляют путём гос. регулирования ежегодных норм изъятия этих животных и контроля за соблюдением разрешённых сроков, способов и районов добывания. Нормы изъятия животных определяют таким образом, чтобы не допустить падения численности каждого вида, т.е. в зависимости от уровня их размножения, смертности, состояния местообитаний..

Роль животных в биосфере и жизни человека

Хотя биомасса на нашей планете невелика (около 2 % всего живого), значение их для биосферы огромно. Это определяется высоким уровнем энергетических процессов у животных, их большой подвижностью и исключительным разнообразием (более 2 млн. видов, в то время как растений около 500 тыс. видов).

Разнообразие животных чрезвычайно важно, прежде всего, для основного процесса – биотического круговорота веществ и энергии. Один вид не способен в любом биогеоценозе расщепить органическое вещество растений до конечных продуктов. Каждый вид использует лишь часть растений и некоторые содержащиеся в них органические вещества. Так складываются цепи и сети питания, последовательно извлекающие вещества и энергию из фотосинтезирующих растений.

Пищевые (трофические) цепи и сети, как правило, очень сложны, поскольку один вид животных может питаться разными видами, часто из различных трофических уровней. В процессе эволюции виды приспособились к наиболее эффективному использованию определенного набора кормовых объ-

ектов и в то же время каждый из видов (на популяционном уровне) служит кормом для других видов. В сложнейшей взаимосвязанной экосистеме животные как подвижный активный элемент в значительной мере определяют устойчивость этой системы. Находясь в зависимости от растений, они, в свою очередь, определяют условия их жизни, структуру и состав почвы, облик ландшафта.

Самая разнообразная и многочисленная группа животных – насекомые – имеет и наибольшее значение в биогеоценозах. Без них на земле господствовали бы хвойные и другие голосеменные растения, папоротники и мхи, так как большинство цветковых видов опыляется насекомыми. Ими питаются многие рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и звери. Большую роль насекомые играют в формировании почв, разложении отмерших животных и растительных остатков. Лиственные леса, например, ежегодно теряющие свой зеленый убор, без деятельности насекомых могут задохнуться в собственном опаде, так как чем толще и плотнее слой лесной подстилки, тем меньше воздуха проникает в почву.

Большое и разнообразное значение имеют в экосистемах и другие беспозвоночные. Общеизвестна роль дождевых червей в улучшении аэрации почвы, распределении гумуса в ней, создании ее структуры. Повышению плодородия почвы способствуют также земляные клещи, нематоды, мокрицы, многоножки и многие другие виды. Моллюски служат источником корма для других животных, фильтраторами воды, обеспечивающими ее очищение.

Среди позвоночных неоспорима значимость рыб в водных экосистемах как самых массовых и подвижных организмов на различных трофических уровнях. С каждым годом проявляется все большая роль земноводных и пресмыкающихся в биогеоценозах лесов, лугов, пустынь и тропических ландшафтов.

Птицы истребляют вредных насекомых, а также способствуют распространению семян, в частности древесных пород. Велика их роль в круговороте биогенных веществ. Например, морские птицы переносят огромные количества фосфора на сушу (залежи гуано). Важное значение в повышении плодородия почвы имеют землерои.

Животные активно формируют целые ландшафты, например бобры, устраивая запруды на водоемах. Термиты создают особый рельеф в Экваториальной Африке, сурки неузнаваемо преобразуют облик горных степей, копытные в саваннах поддерживают устойчивые и очень продуктивные растительные ассоциации. Животными сформированы известняки и коралловые рифы.

Все биологические виды, возникшие в процессе эволюции, полезны для биосферы. Каждый вид занимает только ему присущую экологическую нишу, повышая продуктивность и устойчивость биогеоценоза, создавая своим суще-

ствованием предпосылки для появления новых экологических ниш. Этот процесс гарантирует бесконечность эволюции в пространстве и во времени.

Роль животных в жизни человека определяется, прежде всего, значением их в биосфере. Само по себе разнообразие видов животных полезно для человека. Они служат источниками питания, технического и лекарственного сырья, хранителями генетического фонда для улучшения пород домашних животных. Некоторые дикие виды одомашнивают, например лося.

Много сил, средств и времени затрачивают на борьбу с животными, причиняющими ущерб. Вредные в сельскохозяйственном и медико-санитарном отношении виды животных (мыши, крысы, мухи, тараканы и др.) распространились и имеют высокую численность в связи с тем, что рядом с человеком находят благоприятные экологические условия.

Понятие «вредное животное» появилось с началом хозяйственной деятельности человека. Причем очень часто усиление вредоносности того или иного вида определяется ее интенсификацией в каком-либо регионе в определенный период. Например, большинство вредителей культурных злаков до распашки степей обитало на выбросах рыхлой почвы из нор грызунов. В результате распашки почвы и введения монокультуры создались крайне благоприятные условия для их массового размножения и расселения. Появление стад беззащитных домашних животных повлекло за собой резкое увеличение численности волка.

Кроме того, в зависимости от места, времени, условий и численности один и тот же вид животного может быть вредным или полезным. Отдельные виды саранчовых в умеренном климатическом поясе страны не наносят заметного вреда сельскохозяйственным культурам, в некоторые благоприятные для них годы могут принести ущерб в Центрально-Черноземной зоне. Постоянно вредны они лишь на юге. В степной зоне полевой воробей уничтожает большую долю урожая проса, в средней же полосе он полезен, кормясь насекомыми и семенами сорняков. Жаворонок, черный дрозд, чечетка и ряд других птиц, полезных в Европе, будучи завезенными в Новую Зеландию, оказались здесь вредителями полей и садов.

Чем больше мы познаем закономерности жизни биогеоценозов, особенности экологии отдельных видов, тем больше оказывается полезных животных.

Еще недавно пернатых хищников относили к вредным и истребляли, однако сейчас они взяты под охрану, поскольку выяснена их огромная роль в уничтожении многих вредных или в оздоровлении популяций полезных животных. Доказано положительное значение рыбоядных птиц, хищных рыб, в том числе щуки, многих наземных хищников. Даже волк не подлежит полному истреблению, необходим лишь контроль за их численностью.

Взаимоотношения между человеком и животными

Человек, овладев огнем и оружием, еще в палеолите, т.е. более 250 тыс. лет назад, стал оказывать заметное влияние на животный мир. Крупные животные, обычно немногочисленные, как и обитатели островов, стали первыми его жертвами. В различных районах Земли это произошло в разное время.

Однако из-за отсутствия точных сведений нельзя составить достаточно полного представления о степени воздействия человека на животных не только в ту далекую эпоху, но и гораздо позднее. До 1600 г. не было научных описаний, подтвержденных документально. Поэтому данный год выбран как дата, начиная с которой можно проследить судьбу определенного вида животного.

Начиная с этой даты, по данным литературных источников, на Земле вымерло 94 вида (1,9 %) птиц и 63 вида (1,48 %) млекопитающих. Еще больше исчезло подвидов птиц и зверей. Из этого количества, по данным Д. Фишера, гибель более 75 % видов млекопитающих и 86 % птиц связана с деятельностью человека.

Сегодня опасность исчезновения грозит более чем тысяче видов позвоночных животных и многим видам моллюсков, насекомых и других беспозвоночных.

Воздействие человека на животных выражается как в прямом преследовании и нарушении структуры популяции, так и в перемене мест их обитания. В последнее время к общим изменениям условий обитания добавился такой мощный фактор, как загрязнение природной среды, особенно пестицидами. Очень часто прямое преследование (охота) сопровождалось изменением ландшафта, т.е. эти факторы действовали одновременно. Следует отметить, что значение прямого преследования в сокращении численности животных в последнее столетие резко снизилось. Так, если в XVII в. прямое преследование стало причиной гибели видов в 86 % случаев, а косвенное – в 14 %, то в XX в. это соотношение резко изменилось и составило соответственно 28 и 72 %.

Полное или почти полное истребление животных в результате неумеренной и нерегламентированной добычи было довольно широко распространено в прошлом. Первой документально засвидетельствованной жертвой преследования человеком был гигантский голубь – дронт. Это крупная нелетающая птица вдвое больше гуся, с мощными лапами, короткими крыльями небольшим хвостом, крючковатым клювом и пепельно-серым оперением. Дронты жили на острове Маврикий в Индийском океане. В 1598 г. на остров высадились голландцы. Они убивали дронтов ради мяса и собирали их яйца. Последняя птица погибла через 82 года после высадки первых поселенцев – в 1681 г.

Тур – один из предков крупного рогатого скота – исчез к началу XVII в., он был повсеместно объектом охоты. В раннеисторический период этот вид заселял всю Европу, Малую Азию и Северную Африку. В доисторическое время

туры жили также в Сибири и Казахстане. В XII – XIV вв. эти животные исчезли на большей части Европы, дожив лишь в Польше до конца XVI в.

Другой предок домашних животных – дикая лошадь тарпан – некогда обитал в степях Европы, доходя на севере до Польши, Литвы и Пруссии. На востоке его ареал простирался в Казахстан, возможно, смыкаясь в предгорьях Алтая с ареалом лошади Пржевальского. В Западной Европе тарпаны были уничтожены в средние века, в Польше они дожили до начала XIX в. Дольше всего сохранились эти животные на юге Украины. Последняя дикая кобыла была убита в 1879 г. в 35 км от Аскании-Нова. На тарпанов не просто охотились, их направленно истребляли, так как они мешали коневодству. Дикие жеребцы постоянно отбивали домашних кобыл, убивали и калечили жеребцов. Распашка степей способствовала быстрому исчезновению дикой лошади.

Среди безвозвратно утерянных крупных животных большой интерес представляла морская корова. Она достигала 7-9 м в длину, имела массу до 4 т. Заселяла прибрежные мелководья Командорских островов в северной части Тихого океана. Стада морских коров кормились у самого берега водорослями (морской капустой), поэтому жители Камчатки называли их «капустниками». Доверчивые, медлительные животные становились легкой добычей и очень быстро погибали. Моряки, посещавшие Командорские острова на пути от Камчатки до Аляски, и охотники на каланов заготавливали мясо морских коров как легкодоступный и дешевый источник продовольствия. В результате последняя морская корова была убита в 1768 г. Так был утрачен, вероятно, наиболее перспективный для одомашнивания вид среди всех морских млекопитающих.

Так же участь постигла и многих птиц помимо описанного выше дронга. Среди них наиболее потрясает история истребления странствующего голубя. Эта красивая, грациозная птица была самой многочисленной на востоке Северной Америки. В одной стае, по подсчетам А. Уилсона в 1810 г., оказалось более 2 млрд. птиц. Только в штате Висконсин до 1871 г. в колониях странствующего голубя насчитывалось не менее 136 млн. особей.

Европейские переселенцы начали массовое истребление этих птиц еще в начале XVII в. Их отстреливали, ловили сетями, сбивали на землю шестами, рубили деревья с гнездами – убивали сотни тысяч и миллионы птиц. На всех рынках за бесценок продавали огромное количество голубей. Но вскоре наступил конец – странствующие голуби стали редкостью, во что долго не могли поверить. Последняя птица на свободе была убита в 1899 г., а последняя старая голубка умерла в зоопарке г. Цинциннати в 1914 г.

Подобное произошло и с некоторыми другими видами птиц. Так, у восточного побережья Северной Америки в середине XIX в. были полностью истреблены бескрылая гагарка и лабрадорская гага, а на юго-востоке США та же судьба постигла каролинского попугая: к началу XX в. они повсюду были уни-

чтожены, в неволе последняя птица погибла в 1914 г.

Еще больше животных исчезло из многих мест обитания, они стали редкими, их ареалы резко сократились. Число видов таких редких животных исчисляется сотнями, они имеются в очень многих группах животного мира, например в Европе. К ним относятся моллюск пресноводная жемчужница, многие бабочки, осетровые рыбы, такие хищные птицы, как орел и сокол; зубр и медведь. В Северной Америке на грани исчезновения были бизоны, редкостью стали степной тетерев, белый американский журавль, калифорнийский кондор, в Южной Америке – викунья, шиншилла, крупные кошки и многие другие. В Азии угрожающе сократилась численность носорога, льва, гепарда, тигра, лошади Пржевальского и кулана. Многие виды диких копытных в Африке остались практически только на заповедных территориях. В ничтожном количестве сохранились лемуры на Мадагаскаре. В исключительно трудном положении оказались аборигенные животные Новой Зеландии и океанических островов.

Основная причина вымирания животных или резкого сокращения их численности, уменьшения ареала заключается и не столько в прямом преследовании животных, сколько в косвенном влиянии человека, которое принимает различные формы.

Изменение мест обитания животных – наиболее часто встречающееся явление, принявшее огромные размеры. Вырубка лесов, распашка степей, осушение болот, сооружение водохранилищ и каналов, постройка дорог и т.д. коренным образом изменили облик целых континентов. Естественно, что для ряда животных эти перемены оказались неблагоприятными, и либо виды вымерли, либо резко сократилась их численность, нередко они сохранились лишь на заповедных территориях.

Следует помнить, что включение нового вида в естественный биогеоценоз всегда вызывает, как правило, резко негативные последствия. Лишь в обедненные антропогенные биогеоценозы желательно чаще вводить новые виды для сбалансирования экологической системы, например растительноядных рыб – толстолобика, белого амура – в искусственные каналы, так как эти виды препятствуют их зарастанию.

Охране подлежат все животные, если понимать эту проблему широко, включая и управление численностью. Потери любого биологического вида – крайне нежелательное явление для биосферы и в целом. Каждый вид обладает только ему присущими свойствами, и трудно предсказать, какие свойства любого вида и для каких целей окажутся полезными для человечества в будущем.

Охрана охотничьих животных. Охота во все времена подразумевала постоянное получение продукции, а не истребление дичи. Целью охоты всегда было благоразумное использование охотничьих богатств. Однако часто не хватало знаний для правильной эксплуатации их или социально-экономические

условия приводили к нежелательным последствиям (например, хищническое истребление животных в погоне за наживой), и численность охотничьих видов падала.

Эксплуатацию охотничьих животных следует проводить по принципу расширенного воспроизводства. Достижения экологии доказывают, что рациональное использование охотничьих ресурсов не только не противоречит охране животного мира, но и способствует ей.

Каждая популяция животных имеет так называемый экологический резерв, т.е. возможен рост ее продуктивности в результате увеличения численности потомства и повышения его выживаемости. У различных экологических групп это осуществляется разными путями: изменением соотношения полов, времени наступления первого размножения, количества молоди в помете, числа пометов в год и т.д.

Биологически обоснованное изъятие особи из популяции способствует мобилизации ее экологического резерва и, как правило, оздоравливает популяцию. Следовательно, промысел, охота способствуют увеличению плодовитости, выживанию молодняка, т.е. представляют собой активную форму охраны животных.

Для всех массовых наиболее полно изученных видов установлено, что рост численности их популяций, достигнув определенной величины, быстро прекращается, так как вступают в действие эколого-физиологические механизмы, направленные на предотвращение перенаселения. Изъятие же части животных путем охоты (промысла) способствует повышению воспроизводительных возможностей популяции.

Объектом охотничьего хозяйства служит именно популяция данного вида животных в конкретных условиях. Управлять путем промысла, охоты количественным и качественным составом популяции необходимо в полном соответствии с возможностями того биогеоценоза, в состав которого она входит. Ученые показали, что даже снижение биологически допустимой промысловой нагрузки (недопромышление) отрицательно сказывается на популяции и приводит к заметному падению ее продуктивности.

Ведение охотничьего хозяйства включает не только добычу животных, но и ряд мероприятий, получивших название биотехнических: разведение дичи, посадку кормовых и защитных растений, подкормку, помощь животным в трудные периоды жизни и при стихийных бедствиях, реакклиматизацию (расселение животных в тех районах, где они раньше жили, но были истреблены), применение профилактических мер борьбы с болезнями и паразитами, борьбу с браконьерством и т.д.

Важнейшая мера охраны охотничьих животных – строгое соблюдение законов об охоте, предусматривающего ее сроки и способы. В настоящее время

определены виды зверей и птиц, охота на которых полностью запрещена, а также виды животных, которых можно добывать только по особым разрешениям (лицензиям), выдаваемым охотничьими организациями. Закон запрещает охоту на животных в заповедниках, заказниках и зеленых зонах вокруг городов. Не разрешается применять способы массовой добычи животных, охоту с автомашин, самолетов, моторных лодок, запрещены охота на линяющих птиц, разорение нор, гнезд, логовищ, сбор яиц. Закон устанавливает нормы отстрела или отвала каждого вида животных. Нарушение законов и правил охоты считается браконьерством; лица, их нарушившие, несут административную и уголовную ответственность.

Охота остается важной формой использования природных ресурсов биосферы. Она приобретает еще большее значение в связи с задачей получения возможно большей продукции животного белка за счет растительной биомассы. Учитывая, что под сельскохозяйственное производство отводится не более 15% территории нашей планеты, очевидна актуальность поиска способов эффективной реализации фитомассы несельскохозяйственных угодий путем использования охотничьих животных.

Так, на огромных пространствах тайги лоси перерабатывают гигантское количество растительной биомассы, и при рациональной эксплуатации популяции этих животных можно получить до 500 кг мяса с 1000 га.

Очень ценны куропатки, фазаны, косули, зайцы и некоторые другие охотничьи животные, обитающие на сельскохозяйственных угодьях. Как показывает опыт ряда стран, продуктивность сельскохозяйственных угодий можно повысить на 10-15 % и более содержанием дичи на них. Этот опыт заслуживает большого внимания, так как в ряде районов нашей страны, а также в Западной Европе и США до 80 % всех охотничьих угодий представляют собой культурные поля.

Мясо диких копытных и пернатой дичи составляет в питании человека лишь 1,2-2,0 % мясной продукции, получаемой от сельскохозяйственных животных. Однако в ряде стран мясо диких животных преобладает в питании человека или составляет значительную долю.

Широко известны успехи охраны охотничье-промысловых животных в нашей стране. Так, в 20-х годах сильно сократилось поголовье лося, он стал повсюду редок и совсем исчез из большинства центральных районов европейской части. В результате принятых мер охраны поголовье лося восстановилось. Он вновь заселил все лесные районы. Численность этих животных за 25 лет возросла в 3 раза, и на него вновь была разрешена охота. Причем открытие в 1959 г. лицензионной охоты, предусматривающей научно обоснованные сроки добычи лося, не приостановило, а ускорило рост его численности: за последующие 10 лет поголовье возросло еще в 2 раза. В настоящее время численность лося в СНГ составляет около 900 тыс. голов. Ежегодно добывают 70 тыс. осо-

бей, что дает около 9 тыс. т. мяса. Сходные результаты получены и в отношении других диких копытных. Особенно большие успехи достигнуты в охране сайгака, который как очень редкий вид был на грани полного исчезновения. Добыча всех диких копытных дает ежегодно более 35 тыс. т товарного мяса.

Большое значение имели принятые в СНГ меры охраны пушных зверей. Соболь в результате перепромысла уже в начале XX в. исчез из большинства районов тайги, ему грозило полное истребление: численность его к моменту запрета охоты составляла около 25 тыс. Наряду с запрещением промысла привели широкую реакклиматизацию соболя – завезли в более чем 100 районов, где он ранее обитал, но был истреблен. В результате численность этого ценного вида уже в 1940 г. достигла 300 тыс. Был открыт его ограниченный промысел. Как и в случае с лосем, это не привело к новому падению численности, наоборот, поголовье соболей продолжало расти, превысило первоначальное в 12 раз и в настоящее время достигло примерно 800 тыс. Это позволяет ежегодно добывать значительное количество животных.

Успешно осуществлены в Беларуси охрана и расселение речного бобра. К моменту запрета этого ценного пушного зверя сохранилось всего несколько сотен голов в очень немногих, главным образом заповедных местах. Благодаря расселению бобра в более чем 75 областях и краях его численность возросла примерно в 150 раз, достигла 200-250 тыс. голов, и с 1961 г. на него вновь открыт лицензионный промысел.

Охрана и добыча пресноводных рыб. На долю рыбы в белковом питании человека в разных странах приходится от 17 до 83 %. Мировые ее уловы быстро возрастают. Основу рыбного промысла составляет лов в открытых морях, где добывают до 85 % рыбы. Но и эти запасы не беспредельны. Допустимое ежегодное изъятие рыб из Мирового океана оценивается в 80-100 млн. т, из которых в настоящее время используют около 70 %. Во внутренних водоемах вылов рыб в большинстве стран достиг предела и стабилизировался или сокращается.

В настоящее время, когда рыбоводство во всем мире развивается ускоренными темпами и, по имеющимся данным, достигла более 55 % общей добычи рыбы и других гидробионтов и является важнейшим поставщиком рыбопродуктов на мировом рынке, но в то же время роль ее в России пока, к сожалению незначительна, а за последние годы, в связи с не совсем удачно проводимыми реформами она полностью деградирована.

Причины, препятствующие ускоренному развитию рыбоводства, имеют комплексный характер. В их числе - несовершенство существующих и отсутствие возможностей, а следовательно и заинтересованности большинства мелких рыбоводных хозяйств возникшие после распада крупных в новых технологиях рыбоводства; непрерывно возникающие экономические, кризисы в отрасли рыбоводства и в целых по стране; недостаточная государственная поддержка

рыбоводных ферм и хозяйств, а также обслуживающих их научных организаций; отсутствие современной правовой и нормативной базы регламентирующей деятельность рыбоводных хозяйств и других предприятий рыбной отрасли и т.п.

По площади водных объектов, которые могут быть использованы для выращивания рыбы и других гидробионтов, Россия занимает первое место в мире, однако они осваиваются для этой цели недостаточно. Более того, объемы производства товарной рыбы, несмотря на некоторую тенденцию роста, все еще не достигли доперестроечного уровня -259,7 тыс. т (1990 г.). Производство товарной рыбы в 2005 г составило всего 113 тыс. т., т.е. меньше более чем два раза. Рыбоводство в России в настоящее время развивается по многим направлениям: пастбищное; прудовое; индустриальное; интегрированное рекреационное. Основной объем производства товарной рыбы дает пока только прудовое рыбоводство, базирующееся преимущественно на выращивании карпа, растительноядных (белый амур, толстолобика), а также интродуцированных из других стран и континентов рыб (тиляпия, канальный сомик, буффало и различные гибриды). По имеющимся расчетам, в 2015 г необходимо произвести в рыбоводных хозяйствах более 510 тыс. т рыбы, в том числе за счет пастбищной аквакультуры- 180 тыс. т; прудовой- 160 тыс.; индустриальной-50 тыс.; в фермерских хозяйствах -45 тыс. т.

Значительным резервом увеличения рыбной продукции является товарное озерное рыбоводство. Огромные возможности для развития этого направления аквакультуры имеют регионы Северо-запада, Зауралья и Восточной Сибири.

Водоемы для разведения рыб в Беларуси занимают общую площадь 89,4 тыс. га, из которых площадь водохранилищ и прудов составляет 13,4 тыс. га (15 %), озер – 76,0 тыс.га (85 %), и водотоках общей протяженностью 1245 км.

Для защиты пресноводных рыб важны охрана нерестилищ, зимовальных ям, спасение молоди из отшнуровавшихся после половодья пересыхающих водоемов, борьба с зимними заморами рыб, организация прохода на нерестилища при перегораживании миграционных путей плотинами и, конечно, борьба с загрязнением воды.

Для охраны ряда проходных рыб очень большое значение имеют разнообразные предприятия, которые обычно построены в устьях крупных рек или у плотин, вылавливают производителей, проводят искусственное осеменение. Личинки рыб, полученных из икры, выдерживают в выростных прудах, а затем подросшую молодь выпускают в реки или водохранилища.

Правила рыболовства запрещают добычу рыбы с помощью взрывчатки, огнестрельного оружия, отравляющих веществ, остроги и другими недопустимыми способами, а также лов рыбы у плотин и шлюзов. Правилами определены

сроки лова, для промыслового лова – размер ячеек в сетях, районы лова и т.д.

Охрана и использование других промысловых и непромысловых животных. В разных странах их осуществляют различными путями в зависимости от группы животных.

Так, добыча морских промысловых беспозвоночных исчисляется многими миллионами тонн в год. Примерно 60 % из них составляют моллюски (устрицы, мидии, гребешки, кальмары, осьминоги), около 35 % - ракообразные (крабы, омары, лангусты, креветки) и 5 % - губки, кораллы, многощетинковые черви и др.

Как существенная форма охраны природных запасов созданы и успешно работают морские фермы по искусственному разведению устриц (Франция и др.) и по искусственному выращиванию жемчуга (Япония, Индонезия и др.).

Недостаточно разработаны меры охраны пресноводных беспозвоночных – речных раков и пресноводных жемчужниц, используемых для получения перламутра. Почти прекратился промысел пресноводного жемчуга – бисера. Решающую роль в этом сыграли перепромысел и загрязнение водоемов.

Необходимо усиление охраны насекомых-опылителей, и в первую очередь пчел и шмелей. Ряд видов этих насекомых, особенно эндемичных для некоторых районов, находится в угрожающем положении. Важнейшая мера охраны – полное прекращение применения пестицидов в период цветения медоносных растений.

Специальной охране подлежит большинство других насекомых, особенно хищных, и в первую очередь рыжий лесной муравей. Охрана муравейников от разрушения, запрещение сбора их куколок («муравьиных яиц»), опыты по разведению и переселению муравьев – лишь первые шаги на пути к их надежной защите.

Во многих странах Европы, в Японии, США вынуждены были ввести специальные законы, запрещающие лов красивых бабочек, жуков-скакунов, жужелиц, богомолов и других насекомых.

Увлечение сбором коллекций, нередко поощряемое в школах, наносит большой урон и насекомым Беларуси. В окрестностях многих городов и поселков редкостью стали такие бабочки, как махаоны, павлиний глаз, адмирал, крупные крапивницы, бражник «мертвая голова», и многие другие. Одна из причин их исчезновения – сбор для коллекций, которые зачастую вскоре ломают и выбрасывают. Необходима широкая разъяснительная работа о необходимости охраны насекомых. Особо редкие, узкоэндемичные насекомые требуют специальных мер охраны – создания микрорезерватов, что вошло в практику охранных мероприятий некоторых стран.

Особое положение сложилось с ядовитыми змеями. Истребление их человеком происходило постоянно и все возрастало по мере освоения земель, од-

нако оно не принимало угрожающих размеров. Существенно не повлиял на их численность и специальный вылов, возникший в начале XX в. в связи с изготовлением противозмеиных сывороток.

Массовый вылов ядовитых змей начался, когда были выяснены лечебные свойства их яда и широкое применение получили лечебные препараты из него. Были организованы промышленные серпентарии – питомники, в которых содержат змей для многократного получения яда от них. Серпентарии берут из природы десятки тысяч змей, поэтому запасы ряда видов уже подорваны. В связи с этим в большинстве стран Европы вылов змей полностью запрещен и разрешен лишь по лицензиям, выдаваемым органами охраны природы. Перед змеепитомниками поставлена задача воспроизводства ядовитых змей в неволе. Можно сказать, что мы стоим на пороге решения этой проблемы.

Среди земноводных сильное воздействие перелова испытывают лягушки. В ряде стран мира их употребляют в пищу, и они составляют предмет внутренней и международной торговли. Кроме того, их используют в лабораторных целях. Высокая стоимость лягушек (примерно на 20 % дороже, чем лучшие сорта рыбы) при медленном воспроизводстве и отсутствии норм эксплуатации привели к их перелову во многих районах.

Учитывая исключительно большое значение лягушек и других земноводных для биологического контроля численности вредителей лесов, садов, огородов, бахчей и других сельскохозяйственных угодий, необходимо принять все меры для их охраны.

В ряде стран в период миграции лягушек к водоемам на икрометание, на дорогах вывешивают специальные знаки, некоторые дороги перекрывают на ночь.

Необходимы всемерная охрана и привлечение насекомоядных птиц, играющих очень большую роль в подавлении численности вредителей лесного и сельского хозяйства. Развешивание искусственных гнезд, устройство дуплогнезд в садах и лесных полосах, введение в посадки наиболее удобных для сооружения гнезд деревьев и кустарников и зимняя подкормка птиц не потеряли своего значения.

Ресурсы промысловых беспозвоночных. Виноградная улитка – один из немногих промысловых видов, обладающих полноценными деликатесными свойствами, заготавливаемый и перерабатываемый в Беларуси в объемах, сопоставимых с добычей объектов охоты и рыболовства.

Ареал вида охватывает Западную и Центральную Европу, Северную Африку, Переднюю Азию. На территории Беларуси виноградная улитка является интродуцированным видом и впервые завезена в страну в XVII–XVIII вв. как пищевой объект и элемент парковой культуры. Из мест интродукции она распространялась в окрестные леса, прилегающие населенные пункты, используя в

качестве экологических коридоров облесенные и не затопляемые в период паводка поймы рек.

Наиболее обычными местами обитания виноградной улитки в стране являются старинные парки, пойменные биоценозы, лиственные и смешанные леса. Достаточно часто ее можно встретить на приусадебных участках, старых кладбищах, полосах отчуждения железных и автомобильных дорог, линий электропередач, нефте- и газопроводов.

Численность виноградной улитки зависит от почвенно-гидрологических и фитоценологических особенностей мест обитания и в благоприятных условиях может достигать плотности до 50–80 экземпляров на 100 м².

Охрана редких животных

В большинстве случаев животное становится редким в результате прямого или косвенного воздействия человека. Первые опыты спасения именно таких редких животных, получившие широкую известность, были начаты в первой половине XX в.

Зубр – огромное дикое животное массой до 1 т и высотой в холке до 2 м в прошлом был широко распространен в Западной и Центральной Европе, на востоке от Дона и на Кавказе. Но уже к началу XVIII в. эти животные остались только в Белоруссии, Литве, Польше и на северо-западе Кавказа. К началу XX в. в естественном состоянии зубр сохранились в Беловежской Пуще и в верховьях Кубани на Кавказе. Последний зубр в Беловежской Пуще был убит в 1920 г., а в 1927 г. та же участь постигла последнего кавказского зубра. Только 56 животных еще жили в зоопарках и питомниках. Зверь был на грани полного исчезновения.

В 1923 г. по инициативе польских зоологов было создано Международное сообщество по охране зубра, положившее начало сложной работе по восстановлению вида. Общество составило первую родословную книгу зубров, в которую было занесено каждое животное, получившее свою кличку и номер, что крайне важно для подбора пар.

Через 10 лет после гибели последнего вольно живущего в Беловежской Пуще зубра обществу удалось привезти в ее питомник трех зубров, затем еще девять из зоопарков Европы и приступить к практическим работам по восстановлению стада.

В середине 40-х годов ученые Польши, Белоруссии и России начали широкомасштабные мероприятия по восстановлению зубра в питомниках Беловежской Пущи. Одновременно проводили работу в центральном питомнике зубра Приокско-Тerrasного заповедника. С 1940 г. вели и в Кавказском заповеднике.

Уже в 1961 г. зубров успешно разводили не только в питомниках. В Бело-

вежской Пуще сложилось единое вольное стадо, и чистокровные особи свободно бродили по заповеднику, переходя государственную границу с Польшей. В Кавказском заповеднике зубры также жили в питомнике и на свободе. К середине 80-х годов нашего столетия во всем мире насчитывалось более 2000 чистокровных зубров, но только в Беловежской Пуще есть вновь созданные популяции, обитающие на свободе. Здесь на воле в 19 пунктах живет более 750 беловежских зубров и в питомниках около 200 животных. Кроме того, около тысячи гибридных зубров обитает на Кавказе.

Бизон – ближайший американский сородич зубра – известен своей трагической историей. В степях и лесах Северной Америки от Северной Мексики до Центральной Канады и от Скалистых гор до берегов Атлантического океана жило не менее 60 млн. этих великанов. Для большинства племен индейцев они были основным источником существования, что, однако, не отражалось на поголовье животных.

Положение резко изменилось, когда началась активная колония Северной Америки. Бизонов стали беспощадно истреблять. К началу 80-х годов XIX в. миллионные стада их были уничтожены и лишь в Йеллоустонском национальном парке оставалось около 20 особей – последних в США. В это же время несколько тысяч степных и около 300 лесных бизонов еще жило в Канаде. В 1905 г. энтузиасты охраны природы в США и Канаде организовали Американское общество защиты бизонов, которое добилось организации трех резерватов в США, а в Канаде был организован национальный парк Вуд-Баффало, где обитало около 2000 лесных бизонов. Однако в 1925-1928 гг. сюда завезли из различных районов, где не хватало пастбищ, более 6,5 тыс. степных бизонов, вместе с которыми был занесен туберкулез. Еще большую опасность представляла возможность свободного скрещивания лесных и степных особей, что создало угрозу полного исчезновения лесного подвида. В 1957 г. в парке было найдено изолированное стадо лесных бизонов в 200 голов, из которого отловили 18 животных и перевезли в специальный резерват на правом берегу реки Маккензи. На заповедных участках США обитает более 10 тыс. степных бизонов, в Канаде – более 20 тыс. степных и около 300 тыс. лесных. Ежегодно около 10% степных животных приходится отстреливать, так как территории, где они могут жить, ограничены.

Сайгак – древняя антилопа пустынных степей – еще один пример спасенного, а некогда почти совсем исчезнувшего животного.

Еще в XVII – XVIII вв. табуны сайгаков паслись в южных степях Европы и Азии. Интенсивное заселение человеком южных степей европейской части России, сопровождаемое распашкой земель и усиленной охотой, повлекло за собой быстрое сокращение его адреса в XIX в. К началу XX в. сайгак сохранился лишь в глухих районах правобережья Нижней Волги и в Казахстане. Интен-

сивная охота на него определялась не столько хорошим качеством мяса, сколько высокой ценой на рога, которые шли на продажу в Китай как лекарственное сырье.

Декрет 1920 г. об охоте полностью запретил добычу сайгаков. В 30-х годах стали заметны рост их поголовья и расселение. Особенно ускорились эти процессы после Великой Отечественной войны. В конце 40-х годов численность сайгака достигла промыслового уровня.

С 1951 г. в Нижнем Поволжье и с 1954 г. в Казахстане был разрешен промысел на сайгака, численность которого достигла примерно 1 млн. голов, т.е. такого размера, как 100 лет назад. В последующие годы количество животных стабилизировалось на уровне 1,5-2,0 млн. голов. В 80-х годах добывали до 500 тыс. сайгаков, дающих около 6 тыс. т превосходного мяса, 20 млн. дм² кожи и лекарственное сырье.

В настоящее время существование сайгака снова находится под угрозой.

Лошадь Пржевальского – единственный сохранившийся на Земле вид дикой лошади после гибели тарпана – вряд ли встречается в естественном состоянии. Ее разводят с 1899 г. в питомниках и с 1901 г. в зоопарках. Создана племенная книга. На 1 января 1983 г. во всем мире насчитывалось около 500 лошадей Пржевальского, в том числе 44 – в заповеднике «Аскания-Нова». В Монголии и Казахстане предпринимаются попытки выпустить живущих в неволе лошадей в былые места их обитания.

Охрана белого американского журавля великолепно иллюстрирует возможности спасения редких птиц. Однако подобное мероприятие требует много усилий. Этот журавль был некогда обычной птицей болот Северной Америки. Прямое преследование и осушение болот привели к тому, что в начале XX в. он как гнездящаяся птица исчез в США. В Канаде сохранилось всего 20-30 птиц, места гнездования которых были неизвестны. В 1937 г. нашли последнее место их зимовки в резервате Арканзас на болотистых лугах штата Техас, где к 1941 г. оставалось всего 15 птиц. Только в 1954 г. были обнаружены их гнезда в глухом уголке канадского национального парка Вуд-Баффало.

Орнитологическое общество разработало программу охраны этих журавлей и добилось ее осуществления. Места их гнездовий и зимовок стали тщательно охранять, пролетные стаи журавлей оберегали сопровождающие их специальные самолеты, была развернута широкая пропаганда по охране птиц. Но этого оказалось недостаточно, необходимы были более активные формы для восстановления численности редчайшей птицы. С этой целью в научном центре Патуксент стали инкубировать яйца, которые брали по одному из гнезд в природе. Кроме того, яйца белых журавлей начали подкладывать в гнезда канадских журавлей. В результате принятых мер к 1978 г. число птиц удалось довести до 105, из них 27 как резерв живут в неволе.

Животные, находящиеся под угрозой исчезновения. Количество таких видов велико. К ним относят не только промысловые виды зверей и птиц, но и многих других млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб и беспозвоночных.

Для создания редких видов животных была создана Комиссия по редким животным.

Основной задачей Комиссии стало создание мирового аннотированного списка животных (позднее и растений), которым грозит исчезновение. Эта фундаментальная работа получила название Красная книга, поскольку красный цвет – сигнал опасности. Подготовка первого издания потребовала 14 лет напряженной работы крупнейших специалистов многих стран мира. За первым изданием в 1963 г. последовали – другие, все более совершенные; в 1978-1980 гг. вышло четвертое издание, а в 1982 г. начали выходить первые тома пятого издания.

Начиная со второго издания было установлено пять категорий редких видов, включенных в Красную книгу.

1. Исчезающие виды – находящиеся под серьезной угрозой исчезновения, спасение которых уже невозможно без осуществления специальных мер охраны. Сведения о таких видах печатают на красных листах бумаги, чтобы подчеркнуть их бедственное положение.

2. Сокращающиеся виды – еще встречающиеся в количествах достаточных для выживания, но численность которых продолжает быстро и неуклонно падать. Данные о них напечатаны на желтой бумаге.

3. Редкие виды – не находящиеся под прямой угрозой вымирания, но встречающиеся в небольшом количестве или на таких ограниченных территориях, что могут вскоре исчезнуть. Информацию о них печатают на белой бумаге.

4. Неопределенные виды – малоизвестные, возможно, находящиеся под угрозой, но недостаток сведений о которых не позволяет достоверно оценить состояние их популяций. Эти виды лишь перечисляют в конце книги.

5. Восстановленные виды – ранее входившие в одну из трех первых категорий, но численность которых благодаря охране восстановлена. Сведения о них печатают на зеленых листах. Таким образом, Красная книга стала не только сигналом опасности и программой работ по спасению редких животных и растений, но и первым итогом этих работ.

Занесение в Красную книгу того или иного вида животных (и растений) означает признание наиболее авторитетной международной научной организацией того факта, что этот вид действительно нуждается в повседневной заботе. Каждая страна, на территории которой обитает вид, занесенный в Красную книгу, несет моральную ответственность перед всем человечеством за бережение этого сокровища природы.

Деятельность государственных, научных и общественных организаций всех стран должна быть направлена на то, чтобы сохранить все биологические виды. Нельзя забывать, что по прогнозам ученых, в следующие 20-30 лет под угрозой исчезновения будет находиться около 1 млн. видов животных и растений. Каждый спасенный от гибели вид – это сохраненный для народного хозяйства природный ресурс. Черный список погибших видов нашей планеты – безвозвратно утраченные возможности повышения благосостояния человечества.

10. ЭКОЛОГИЯ – ОСНОВА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Красная книга Российской Федерации вышла в свет в 2001 году.

В Красную книгу России занесены редкие и исчезающие животные, растения и грибы, постоянно или временно обитающие в состоянии естественной свободы на территории, континентальном шельфе и в морской экономической зоне Российской Федерации, которые нуждаются в специальных государственно-правовых действиях, входящих в компетенцию федеральных органов исполнительной власти.

Животные, растения и грибы, занесенные в ККРФ, подлежат занесению в Красные книги субъектов Российской Федерации. Животные, растения и грибы, занесенные в Красную книгу международного союза охраны природы (IUCN), обитающие (произрастающие) постоянно или временно на территории РФ, континентального шельфа и морской экономической зоны РФ, заносятся в ККРФ в тех случаях, когда этого требует состояние их численности или условий существования в РФ. Это же относится к животным, растениям и грибам, охраняемым международными конвенциями.

Всего в Красную книгу Российской Федерации занесено 8 таксонов (таксон – группа живых организмов, объединенных на основании принятых методов классификации) земноводных, 21 таксон пресмыкающихся, 128 таксонов птиц и 74 таксона млекопитающих, всего 231 таксон.

В Красной книге Российской Федерации приняты шесть категорий редкости таксонов и популяций по степени угрозы их исчезновения: 0 – вероятно исчезнувшие; 1 – находящиеся под угрозой исчезновения; 2 – сокращающиеся в численности; 3 – редкие; 4 – неопределенные по статусу; 5 – восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

К вероятно исчезнувшим отнесены таксоны и популяции, известные ранее с территории (акватории) Российской Федерации, нахождение представителей которых в природе не подтверждено (для беспозвоночных – в последние 100 лет, для позвоночных – в последние 50 лет). Категория находящихся под угрозой исчезновения объединяет таксоны и популяции, у которых численность

сократилась до критического уровня таким образом, что в ближайшее время они могут исчезнуть.

К сокращающимся в численности отнесены таксоны и популяции со стабильно сокращающейся численностью, которые могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения.

Редкими являются таксоны и популяции, которые имеют малую численность и/или распространены на ограниченной территории (акватории) или спорадически распространены на значительных территориях (акваториях).

К неопределенным по статусу отнесены те таксоны и популяции, которые требуют специальных мер охраны, но по которым нет достаточных сведений в настоящее время, либо они не в полной мере соответствуют критериям всех остальных категорий.

Восстанавливаемые и восстанавливающиеся – это те таксоны и популяции, численность и распространение которых под воздействием естественных причин или в результате принятых мер охраны начали восстанавливаться и приближаются к состоянию, когда не будут нуждаться в срочных мерах по сохранению и восстановлению.

В соответствии с действующим законодательством Красная книга должна издаваться не реже одного раза в 10 лет.

Заповедные и другие охраняемые территории

Наиболее совершенной формой охраны живой природы является заповедный режим. Организация заповедных территорий и надежный способ сохранения тех остатков могущественной некогда Природы, которым угрожает исчезновение по вине человека. Поэтому деятельность естествоиспытателей большинства стран направлена на расширение географической сети заповедных территорий и увеличение их площади.

Главная проблема охраны природы – это не защита отдельных видов растений или животных, а сохранение в биосфере достаточно обширной сети центров генетического разнообразия для обеспечения нормального развития широкого диапазона эволюционных процессов.

Идея сохранения уголков нетронутой природы с целью сбережения природных ресурсов возникла не в наше время. Сохранились сведения, что еще до нашей эры правители некоторых развитых государств принимали природоохранительные законы. Имеется свидетельство, что индийский император Ашук в 242 г. до н.э. издавал указы об охране лесных массивов и охотничьей фауны.

В XVI в. в окрестностях Киева был расположен так называемый «Красный двор», вокруг которого охранялись лесные охотничьи угодья. Исторически

сложилось так, что возникновение первых заповедных территорий было напрямую связано с утилитарным, потребительским подходом к окружающей природе. Именно поэтому на Руси первые заповедные участки возникли в местах поселения ценных для человека видов животных, таких как бобры, туры, или редких – зубров, антилоп, страусов, кенгуру (заповедник Аскания-Нова).

Одним из самых старых заповедников Европы является знаменитая Беловежская пуца. Охрана ее природных богатств велась с начала XI ст. Лесные массивы, помогающие населению отдельных стран и районов в отражении захватнических действий многочисленных противников, также усиленно охранялись. Эти лесные массивы назывались «засеками». Могучие деревья на определенной площади подрубались (засекались) выше человеческого роста в сторону предполагаемого противника и становились естественной защитой при нападении врага. Такие засеки создавались на южных границах Московского государства (тульские и др.). На Днепре для защиты от нападения крымских татар специальным указом от 1765 г. были взяты под охрану леса острова Монастырский.

Таким образом, несмотря на расточительное отношение к природе, человек все же был вынужден прибегать к природоохранительным мероприятиям. Однако никакого научного подхода при отведении природных территорий для охраны вплоть до XIX в. не существовало. Первым из естествоиспытателей, кто отметил необходимость целевой охраны природных компонентов, был известный путешественник и географ А. Гумбольдт. Во время путешествия по Венесуэле в 1799-1804 гг. он предложил термин «памятник природы» для охраны группы вековых деревьев из семейства мимозовых и позже ввел это понятие в научную литературу.

К середине XIX в. необходимость организации крупных природоохранных территорий для сохранения неповторимых природных ландшафтов стала очевидна для многих естествоиспытателей. Природоохранное движение набирало силу, и следствием этого стала разработка концепции национального парка – особой обширной территории, которая включает охраняемые природные ландшафты, не затронутые человеческой деятельностью. Главное назначение национального парка наряду с сохранением природных комплексов в неприкосновенности – это рекреационная деятельность (отдых человека на лоне природы).

Первый в мире национальный парк был создан в США в 1872 г. Это Йеллоустонский национальный парк. Он занимает площадь 898 тыс. га и располагается в зоне хвойных лесов. На его территории находится около 3000 гейзеров и горячих источников. Идею создания национальных парков подхватили Мексика (национальные парки Дезирто де Лос Леоне – 1876 г. и Эль Чико – 1898 г.) и Канада (национальные парки Глейшерский – 1886 г. и Банфиский – 1887 г.). В

Европе первые национальные парки были организованы в Швеции (Сарек, Сто-ра Сейфаллет и Пелекайсе).

В 1913 г. в Швейцарии состоялась конференция по проблеме международной охраны природы. На ней впервые была обоснована необходимость организации в различных природных зонах крупных заповедников, в которых охранялись бы основные компоненты биоценоза – животный и растительный мир. Одновременно с этим высказывались идеи о международном сотрудничестве в природоохранном деле. Природа не знает границ, искусственно возведенных человеком. Как известно, Амазония раскинулась на южноамериканском континенте на территории нескольких государств. Разрозненные усилия каждого из них по сохранению уникальной экосистемы тропического дождевого леса принесут мало пользы. Только совместные усилия по охране лесов в бассейне Амазонки могут дать действенные плоды.

Первый в России заповедник был создан на острове Вайка в Эстонии в 1910 г. В 1912 г. по инициативе известного ботаника К. Купфера в Западной Латвии, на острове Мориссала, был учрежден резерват, имевший статус заповедника. Несколько позже в 1916 г., основаны заповедники Баргузинский – на побережье озера Байкал и Кедровая Падь – в Приморском крае. В 1987 г. в СССР было создано 156 заповедников и заповедно-охотничьих хозяйств. На земном шаре сейчас насчитывается свыше 20 тыс. заповедных объектов различных типов.

В настоящее время общепринятой классификации заповедных объектов живой и неживой природы не существует. Под системой охраняемых территорий понимается совокупность экологически взаимосвязанных природных объектов, выполняющих важнейшие средо-, ресурсо- и информационно-охранные функции. Такие территории исключаются из традиционного хозяйственного использования (рубка леса, осушение, орошение и т.п.). В опубликованной «Мировой стратегии охраны природы» (1978) говорится, что в настоящее время почти каждый природный объект – большинство видов растений и животных (или хотя бы отдельные их популяции в разных частях ареалов), биоценозов, экосистем и ландшафтов – нуждается в той или иной степени охраны. Однако реально организовать действенную охрану природных объектов можно лишь для ограниченного их числа, поэтому необходимо сосредоточить усилия хотя бы на самых важных.

Выделяется несколько видов заповедных объектов, подлежащих охране.

Заповедники – особо охраняемые пространства, полностью исключенные из любой хозяйственной деятельности ради сохранения в нетронутом виде природных комплексов, а также охраны редких и исчезающих видов растений и животных. Предназначены для сохранения в естественном состоянии типичных ландшафтов и экосистем. Подчинены строгому режиму охраны, который за-

прещает всякую деятельность человека, не связанную с задачами заповедника.

Национальные парки – обширные участки территории, включающие охраняемые природные ландшафты, выделенные для охраны природы в оздоровительных, эстетических, научных и культурно-просветительских целях. В пределах национального парка выделяют зоны заповедного режима, умеренного (щадящего) хозяйственного и рекреационного использования и интенсивного хозяйственного и рекреационного использования. В настоящее время в мире организовано более 2300 национальных парков, в Европе – более 160. Мировая площадь всех национальных парков – более 4 млн. км². Основные задачи заповедников и национальных парков – сохранение природных экосистем, поддержание экологического разнообразия природной среды, сохранение природного генофонда животных и растений, сохранение живописных уголков природы и объектов культурного наследия.

Резерваты природы – природные охраняемые территории с заповедным или заказным режимом. Резерваты обычно невелики по площади и создаются с целью охраны зонально или азонально встречающихся редких растительных группировок и биотопов животных. Особенно много резерватов создано в островных экосистемах, где флора и фауна особо легко уязвимы. В Новой Зеландии, например, создано около 1300 природных резерватов, в которых охраняются не только отдельные виды птиц, растений, но и водопады, пещеры и т.п.

Памятники природы - природные достопримечательности, имеющие научное или культурно-эстетическое значение, а также объекты природы, связанные с какими-либо историческими событиями или лицами. Обычно это охраняемые территории небольшого размера – памятные, исторически ценные или вековые деревья, водопады, пещеры, геологические обнажения, ледниковые валуны, отдельные водоемы, места исторических событий, старинные аллеи и парки и т.п.

Кроме этих категорий охраняемых объектов, вокруг городов и санаторно-курортных комплексов создаются специальные зеленые зоны и выделяются курортные леса. Не подлежат рубке лесные массивы у истоков и по берегам водоемов – водоохранные леса.

Заказники природы – участки природной территории, где временно или постоянно запрещены отдельные формы хозяйственной деятельности человека. Представляют интерес в научном, познавательном-воспитательном и культурном отношении. Организация заказников – это целевая форма охраны природных компонентов природных экосистем, один или многие виды живых существ, ценные объекты живой природы или живописные типы ландшафта. Обычно заказники организуются для увеличения численности диких животных в природных условиях и для восстановления ресурсов ценных растений – лекарственных эфиромасличных, декоративных и др. В заказниках устанавливается частичный

режим охраны и допускается деятельность человека, не наносящая ущерба объектам охраны. Заказники могут быть различного назначения: комплексные, ботанические, зоологические, гидрологические, геологические, озерные, ландшафтные, охотничьи, мемориальные и иные.

Ландшафтные парки – искусственно созданные или окультуренные охраняемые антропогенные ландшафта, отличающиеся природными достопримечательностями и высокой эстетичностью. Территория ландшафтного парка обычно имеет благоприятные климатические условия, ценные для оздоровления, отдыха, туризма, и чаще всего используется в рекреационных целях.

Биосферные заповедники

В 1970 г. на XVI сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО (Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры) была принята международная программа «Человек и биосфера» – МАБ («Man and Biosphere»). Эта программа утверждена в связи с возрастающим воздействием человека на окружающую природную среду и призвана обеспечить на основе комплексных фундаментальных исследований получение данных, необходимых для рационального использования природных ресурсов и управления процессами, протекающими в биосфере. В рамках этой программы создана сеть охраняемых природных территорий, называемых биосферными заповедниками.

Биосферные заповедники – это охраняемые, наиболее характерные эталонные участки биосферы, созданные в различных географических зонах Земли.

Считается, что территория биосферного заповедника практически не испытывает локальных воздействий преобразованных человеком окружающих ландшафтов. Главное предназначение биосферных заповедников – сохранение в естественном виде природных экосистем и их генофонда, а также постоянный и всесторонний контроль за состоянием и ходом различных изменений, протекающих в биосфере (экологический мониторинг).

Основные задачи биосферных заповедников заключаются в сохранении разнообразия и целостности сообществ растений и животных в пределах природных экосистем, генетического разнообразия генофонда, проведении долгосрочных научных исследований в естественных условиях.

Любой биосферный заповедник должен отвечать следующим основным требованиям:

- быть типичным эталоном данной природной зоны;
- обязательно иметь на своей территории редкие виды растений и животных или уникальные комплексы;
- представлять пример гармонического развития природы при исторически сложившемся традиционном хозяйственном использовании данной террито-

рии;

- иметь эффективную охрану территории и прочную базу для проведения долгосрочных научных исследований;
- представлять эталон (нулевую точку, точку отсчета) для оценки изменений, протекающих в биосфере.

Все биосферные заповедники мира проектируются по единой принципиальной схеме, обязательной для всех заповедников такого ранга. Модель биосферного заповедника включает три зоны.

В центре – ядро заповедника, в котором охраняется биологическое разнообразие животных и растений. Здесь эволюция растительных и животных видов может происходить по возможности естественным способом. Это абсолютно заповедная территория, где запрещаются все виды хозяйственной деятельности и обеспечивается естественное развитие природных процессов. Всякое вмешательство человека, кроме проведения научных исследований, запрещено.

Вокруг ядра формируется более широкая буферная, или научно управляемая зона. В этой охраняемой зоне частично разрешены те виды деятельности, которые совместимы с развитием устойчивых природных экосистем. Здесь ведется наблюдение за структурой и функционированием экосистемы, когда она подвергается различным видам антропогенного воздействия и использования. Чаще всего эта зона совпадает с границами заповедника.

За буферной идет охранная, или переходная, зона для снижения негативного влияния прилегающих хозяйственных территорий на природные комплексы заповедника. Режим ведения хозяйства в буферной зоне согласуется с администрацией заповедника.

Первые биосферные заповедники были организованы во второй половине семидесятых годов. К 1984 г. их число в 58 странах мира составило 226, к 1985 г. их стало 243 (60 стран), а к 1995 г. – 325 (82 страны мира). Как видно, число заповедных участков на Земле постоянно растет.

Охраняемые природные территории РФ

Важная роль в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия принадлежит особо охраняемым природным территориям (ООПТ).

В России функционирует 112 заповедников, 64 заказника, 49 национальных парков, из которых большинство сосредоточены в Европейской части страны.

Территория Алтайского заповедника расположена в северо-восточной части Алтая. Общая площадь составляет 8812,4 км². Заповедник основан в 1932 году. Основная деятельность направлена на сохранение экосистемы Телецкого озера в первозданном виде. Высокие горы не пропускают воздушные массы вглубь области, поэтому климат суровый. Рельеф многообразен: плато сменяют

горные хребты. Реки берут исток на вершинах плато. Значимый объект — Телецкое озеро, расположенное на стыке с Западным Саяном. Оно окружено горами. В озеро впадает 70 рек, вода в нем очень чистая.

Территория Байкальского заповедника находится в Бурятии. Площадь составляет 1657 км². Он был основан в 1969 году. Цель природоохранного комплекса — охрана лесов. Большую часть лесов занимает горный хребет Хамар-Дабан и сеть водоемов, отходящих от него. Преобладают ландшафты Восточно-Сибирской тайги. На северных склонах растет пихта. Леса поднимаются от Байкала высоко в горы. Березы, тополя и подлесок из рябины растут в долинах рек. На полянах можно увидеть редкие виды папоротников и ягодников. Склоны покрыты лишайниковой тундрой.

Большой арктический заповедник расположен в Таймырском Долгано-Ненецком районе. Площадь составляет 41 692 км². Он был создан в 1993 году. Основной целью сотрудников является охрана растительного и животного мира на севере страны. Заповедник расположен за полярным кругом, он омывается двумя морями России - Лаптевых и Карским. Холодная зима продолжается 9 месяцев. Снег покрывает землю уже в сентябре. По всей территории распространена вечная мерзлота.

Каждая охраняемая территория является уникальной и для примера здесь дана характеристика лишь нескольким заповедникам.

Мониторинг окружающей среды

Под мониторингом понимают систему наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей природной среды. Мониторинг окружающей природной среды основан на трех независимых элементах: мониторинге окружающей природной среды, мониторинге искусственной или преобразованной окружающей среды и мониторинге антропосферы. Объект первого мониторинга – абиотические компоненты окружающей среды (литосфера, гидросфера, педосфера и атмосфера). Мониторинг антропогенных изменений дает оценку и прогноз состояния преобразованной и искусственной окружающей среды. Мониторинг антропосферы осуществляется методами демографического и санитарно-гигиенического мониторингов.

В целом задачи, стоящие перед мониторингом, заключаются в выявлении и наблюдении за источниками и воздействиями антропогенных факторов на окружающую среду и, прежде всего на биологические системы с конечной целью принятия решений по регулированию ее качества. Различают четыре группы антропогенных факторов.

1. Факторы-тела. К ним относятся измененный рельеф, водоемы, каналы, почвы, здания, интродуцированные виды животных и растений и т.д. Многие из этих факторов существуют длительное время. Например, курганы скифов, пи-

рамыды фараонов и т.п. Как правило, факторы тела неподвижны. Интродуцированные животные представляют в этом отношении исключение, как и растения, которые, распространяя семена с помощью ветра, насекомых и птиц, могут расширять свой ареал.

2. Факторы-вещества. Эти антропогенные факторы не ограничены пространством, степенью концентрации и воздействия на среду. К ним относятся аэрозоли, химические элементы и вещества, радиоактивные вещества, примеси в воде, промышленные сточные воды, выбросы предприятий и т.д. Одни из них быстро разрушаются, другие находятся в природе многие сотни и тысячи лет (радиоактивные элементы). Вследствие этого они могут накапливаться в почве и в живых организмах.

3. Факторы-процессы. Весьма многообразны. Это, прежде всего различная деятельность человека, стихийная и направленная перевозка растений и животных, интродукция, выведение пород животных, селекция растений, эксплуатация природных ресурсов, коррозия металлов, вспашка почвы, различные виды эрозии почвы, изменение уровня воды, антропогенный элементов и веществ и т.д. Факторы-процессы отличаются большой динамичностью.

4. Факторы-явления. К этой группе относятся свет, тепло, радиоволны, электротоки, давление, загрязнение воды и атмосферы, шум, вибрация. Их действие пространственно ограничено, с увеличением расстояния от их источника они исчезают. Эти факторы отрицательно воздействуют не только на естественные процессы в природе, но и на живые организмы, в том числе и на человека. Например, из-за сильного шума не только ухудшается самочувствие человека, расстраиваются сон, важные физиологические процессы, но и снижаются продуктивность коров, яйценоскость кур и др. Статистические данные ряда зарубежных стран показывают, что в результате повышения интенсивности шума в городах производительность труда снижается на 15-20 %.

Надо иметь в виду, что антропогенные факторы не изолированы, а, как правило, действуют в виде определенного комплекса, вызывая синергический эффект. Следует предпринять самые действенные меры по борьбе с указанными неблагоприятными факторами, ибо кумулятивный эффект их бывает непредсказуем.

Мониторинг проводят как на локальном, местном, так и на глобальном уровне с установлением критических факторов воздействия, критических зон и элементов биосферы, которые максимально подвергаются воздействию этих факторов.

Глобальная система мониторинга оценивает сложившееся фоновое состояние биосферы. При изучении фонового мониторинга отдельно рассматривают абиотическую и биотическую части биосферы. Существуют региональные и базовые станции системы мониторинга. На региональных станциях изучают ан-

тропогенные факторы, их источники и воздействие на окружающую среду. На базовых – получают глобальную информацию о состоянии среды.

На территории каждого государства должен осуществляться национальный мониторинг. Его задачей является получение информации о загрязнении среды в национальных интересах для того, чтобы предпринять необходимые меры.

Исходная (первая) ступень для мониторинга – биоэкологический мониторинг, т.е. наблюдения за окружающей средой в связи с состоянием здоровья человека. Здесь надо обязательно использовать данные санитарно-эпидемиологической и ветеринарной службы, карантинной службы, службы защиты растений, гидробиологического контроля. Основными показателями загрязнения окружающей среды являются радионуклиды; CO₂, CO, NO, NO₂ и др.; минеральные загрязнения, соединения ртути, свинца, мышьяка, фосфора, кадмия, фтора, нитраты, нитриты и др.; органические и полимерные загрязнения: пестициды, детергенты, углеводороды, микробы. Также должны регистрироваться интенсивность шума и различных излучений, ЭМП.

В связи с урбанизацией и развитием химической промышленности широкое распространение получили полиароматические углеводороды, нитросоединения, циклические амины, метатоксины, пестициды и др., обладающие канцерогенными свойствами. Поэтому необходимо уделять внимание мониторингу канцерогенных веществ, который должен способствовать снижению их концентраций. Это особенно важно в промышленных зонах.

Рост количества антропогенных факторов и их синергический эффект способствуют увеличению мутаций. Поэтому важно проводить учет искусственных мутагенов. Ими могут быть, прежде всего, химические и радиоактивные вещества. Но мутагенами могут быть и биологические факторы за счет комплекса мутагенных факторов. Число мутагенов непрерывно растет, многие химические вещества обладают потенциальной мутагенностью и представляют большую угрозу для генофонда человека, популяций животных, растений, бактерий.

В ближайшем будущем будет создан глобальный генетический мониторинг человека, который должен дополняться мониторингом генофондов животных.

Вторая ступень мониторинга окружающей среды – геоэкологический, геосистемный, или природохозяйственный, мониторинг. В его задачу входят наблюдение за изменением главных геосистем и преобразование их в природотехнические системы (агросистемы, городскую среду, среду индустриальных районов). Геосистемный мониторинг дополняет и расширяет биоэкологический, исследуя естественные ресурсы окружающей среды, их изменения.

Биологический мониторинг основывается на наблюдениях за параметра-

ми окружающей среды на сети контрольных пунктов и носит локальный характер. Геосистемный мониторинг использует не только данные, полученные биологическим мониторингом, но и систему особых ключевых (тестовых) площадей и имеет региональный характер. Эти ключевые площади принято называть природными (геоэкологическими) тестовыми полигонами, на которых устанавливаются геосистемные тесты: ПДК (предельно допустимые концентрации). В каждой природной зоне рекомендуют иметь по одному полигону.

Третья ступень (блок) мониторинга окружающей среды – биосферный мониторинг.

В его задачи входят наблюдения, контроль и прогноз изменений в глобальном аспекте. Иначе говоря, биосферный мониторинг, дополняя биогеоэкологический, завершает систему «слежения» в целом за биосферой. Основные параметры, за которыми проводят наблюдения, – это изменения, оценка и причина их. Прежде всего, важны наблюдения за колебанием космической энергии, постоянство притока которой и ее расширенная аккумуляция – главное условие стабильности экосистем. Необходимо наблюдение за состоянием озонового экрана, запылением атмосферы, ее газовым составом, влиянием хозяйственной деятельности на энергетику атмосферы. Важно изучение фотосинтетической деятельности растений и ее изменения под влиянием техногенеза, мирового водного баланса, его прогнозов. В задачу биосферного мониторинга также входит наблюдение за глобальными круговоротами и миграции основных химических элементов с включением как объекта наблюдений почвы, которая является глобальным незаменимым нейтрализатором как естественных, так и искусственных загрязнителей. Она, как экран, задерживает элементы питания от сноса их в водоемы.

Биологический мониторинг включает четыре вида мониторинга: загрязнения биоты, продуктивности биосферы; исчезающих и находящихся на грани исчезновения видов животных и растений; важнейших видов, популяций, сообществ и экосистем. В процессе биологического мониторинга очень важно подобрать организмы – мониторы с высокой встречаемостью, их многообразием, большой гомеостатической устойчивостью, способные накапливать те или иные загрязнители и сохранять относительно высокие показатели жизнедеятельности и генетическую стабильность. Следовательно, в качестве таких организмов – мониторов должны использоваться индивидуумы или популяции с хорошо изученной их биологической репрезентативностью.

Секретариат ООН по окружающей среде определил экологический мониторинг как систему повторных наблюдений за элементами окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленными программами. Объектами мониторинга могут быть природные, антропогенные или природно-антропогенные экосистемы. Цель монито-

ринга – не только пассивная констатация фактов, но и проведение экспериментов, моделирование процессов в качестве основы прогнозирования.

Организация мониторинга должна решать как локальные задачи наблюдения за состоянием отдельных экосистем или их фрагментов (например, биоты – совокупности живых организмов), так и задачи планетарного порядка, т.е. предусматривать систему глобального мониторинга (СГМ). Базой СГМ считается космическая и вычислительная техника. Известно, что искусственные спутники Земли, как беспилотные, так и пилотируемые, ведут успешные наблюдения (контроль) за состоянием биосферы Земли, причем позволяют получить такую информацию, которую трудно или невозможно добыть в результате наземных наблюдений.

Локальными задачами мониторинга могут быть, например, наблюдение и слежение за динамикой популяций вредных организмов, в частности насекомых на больших площадях (в пределах всего ареала того или иного вида), учет движения популяций охраняемых видов животных. Мониторинг позволяет прогнозировать возможный ущерб лесным и полевым растениям от вредителей и болезней, а также сроки нанесения этого ущерба. Массовая информация, получаемая в точках наблюдения, должна соответствующим образом обрабатываться с использованием вычислительной техники.

Таким образом, экологический мониторинг должен включать звенья разного уровня, в частности: 1) глобальный (биосферный) мониторинг, осуществляемый на основе международного сотрудничества; 2) национальный мониторинг, организуемый в пределах государства специально созданными органами; 3) региональный мониторинг, действующий в пределах отдельных крупных районов, интенсивно осваиваемых народным хозяйством, например, в пределах геосистем территориально-производственных комплексов; 4) локальный (био-экологический) мониторинг, учитывающий изменения качества среды в пределах населенных пунктов, промышленных центров непосредственно на предприятиях.

Наряду с методами оценки степени загрязнения воздуха с помощью приборов используются методы так называемой биологической индикации, основанные на учете живых организмов (тест-объектов), особенно чувствительных к конкретным химическим примесям. Наибольшее распространение в настоящее время получил метод лишеноиндикации (от лат «лихенес» – лишайники), основанный на учете количества лишайников в городских насаждениях, районах крупных предприятий. Установлена четкая связь между встречаемостью лишайников на стволах деревьев и «полями загрязнения» воздуха в городах.

Другим удобным тест-объектом, например, в лесных экосистемах, могут служить жуки-короеды. Необратимо ослабленные отмирающие деревья обильно ими заселяются, но в случаях гибели насаждений от загрязнения атмосферы

ного воздуха химическими веществами короеды не получают широкого распространения. Поэтому факт отмирания насаждений при отсутствии короедов может служить индикатором загрязнения воздуха веществами промышленного происхождения.

К локальному мониторингу относится и деятельность санитарно-промышленных лабораторий на предприятиях. В задачи этих лабораторий входят, в частности, постоянные наблюдения за загрязнением воздуха в цехах и на промышленных площадках, а также воды в установленных створах водных объектов.

Для осуществления мероприятий по глобальному и национальному мониторингу, т.е. для получения информации об изменениях качества среды, происходящих уже на биосферном уровне, необходима организация специальных служб. Базой такого мониторинга могут служить длительно действующие территориальные комплексы с минимальным или практически нулевым предшествующим антропогенным воздействием. Иначе говоря, необходимо иметь места, где сохранился бы некоторый фоновый уровень качества среды, в сравнении, с которым установилась бы и степень воздействия человека на биосферу.

Для этой цели предложено создание системы так называемых биосферных заповедников (станций). Сеть таких станций должна быть составной частью национального мониторинга, т.е. службы наблюдения и контроля окружающей природной среды на конкретной территории.

В задачу биосферных заповедников входят постоянные наблюдения и определение фоновых параметров современного состояния биосферы, а также сопоставление их с изменениями антропогенным воздействием. Кроме того, в таких заповедниках необходимо вести регулярные и периодические целевые наблюдения над экосистемами, с тем, чтобы выработать научно обоснованные параметры для контроля состояния среды.

Территория заповедника должна быть зональной, т.е. иметь центральную зону, удаленную от источника воздействия не менее чем на 50-100 км, со строгим режимом охраны: буферную, в пределах которой ставятся эксперименты, осуществляются опытные хозяйственные мероприятия; учебно-демонстрационную, куда возможен допуск посетителей.

11. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СВЯЗИ С КАТАСТРОФЕЙ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

По своим масштабам и долговременным последствиям эта авария является крупнейшей экологической катастрофой. Глобальность ее заключается не только в радиоактивном загрязнении больших территорий, но и в том, что она практически охватила все сферы общественной жизни, многие области науки и производства. Из общественного потребления исключаются природные ресурсы, изымаются плодородные пахотные земли, сокращаются размеры пользования лесными, минерально-сырьевыми и другими ресурсами. Существенным образом меняются условия функционирования объектов производственного и социального назначения, расположенных в зонах загрязнения. Отселение из загрязненных радионуклидами населенных пунктов приводит к прекращению деятельности ряда предприятий и объектов социальной сферы.

Из всех отраслей наиболее пострадало сельскохозяйственное производство.

Принципы ведения сельскохозяйственного производства на территориях с повышенным содержанием радионуклидов

Основные проблемы, требующие решения при организации агропромышленного производства на территориях с повышенным содержанием радионуклидов, — получение сельскохозяйственной продукции, отвечающей радиологическим стандартам, и минимизация доз облучения специалистов, занятых в сельскохозяйственном производстве. Радиологические стандарты выражают в виде допустимых концентраций радионуклидов в пищевых продуктах (их измеряют в Бк/кг). При установлении этих концентраций исходят из радиобиологических (дозиметрических) показателей — пределов доз облучения человека, которые формируются при потреблении пищевых продуктов, содержащих радионуклиды в этих концентрациях. Таким образом, реализуется дозовый принцип ограничения облучения человека от радионуклидов, содержащихся в агро-сфере (эффект облучения зависит от его дозы). В качестве производных критериев допустимого содержания радионуклидов на сельскохозяйственных угодьях используют плотность их загрязнения определенным радионуклидом (ее выражают в Бк/м²). При этом предполагают, что при допустимой плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий концентрация радионуклидов в производимой сельскохозяйственной продукции не превышает допустимых норм.

При радиационной аварии с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду и загрязнением сельскохозяйственных угодий принято выделять несколько периодов в развитии радиационной ситуации, различающихся по мероприятиям, проводимым в сфере агропромышленного производства с целью

обеспечения минимального загрязнения продукции и при необходимости ограничения дозовых нагрузок на сельскохозяйственных животных. Аналогичную периодизацию проводят в отношении мероприятий по обеспечению радиационной безопасности населения. При выполнении комплекса защитных мероприятий на загрязненных территориях для специалистов сельского хозяйства предусматривается обеспечение условий работы, отвечающих нормам радиационной безопасности.

В основу организации агропромышленного производства на загрязненных угодьях положен зональный принцип, согласно которому особенности ведения сельского хозяйства, а также интенсивность защитных мероприятий, определяются плотностью радиоактивного загрязнения, исходя из которой территорию разделяют на зоны с определенным содержанием радионуклидов. Разделение на зоны по плотности радиоактивного загрязнения предопределяется неодинаковым накоплением биологически значимых радионуклидов в основных сельскохозяйственных продуктах (молоко, мясо, продукция растениеводства и др.). Так, в регионе аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. в АПК были выделены зоны с плотностью загрязнения ^{137}Cs (критический радионуклид): до 5 Ки/км² (185кБк/м²), 5...15 (185...555), 15...40 (555...1480) и свыше 40 Ки/км² (1480 кБк/м²). В каждой из указанных зон была введена дифференцированная система агропромышленного производства, обеспечивающая получение продукции, отвечающей радиологическим стандартам.

При ведении агропромышленного производства на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, вводится комплекс защитных мероприятий, цель которых — получение продукции, отвечающей радиологическим стандартам, и минимизация доз облучения населения, потребляющего радионуклидсодержащие пищевые продукты. Эффективность контрмер в агропромышленном комплексе оценивается по радиоэкологическим показателям (по снижению концентрации радионуклида в сельскохозяйственном продукте), радиологическим критериям (по уменьшению дозы облучения человека при потреблении им радионуклидсодержащей сельскохозяйственной продукции) и радиолого-экономическим показателям (экономические затраты на единицу снижения дозы облучения).

В *растениеводстве* важным способом снижения поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры служит подбор видов и сортов растений, характеризующихся минимальным накоплением радионуклидов. В *луговодстве* и *кормопроизводстве* к числу наиболее эффективных по радиоэкологическим показателям (снижение концентрации радионуклидов в растениях) относится перевод низкопродуктивных естественных пастбищ в искусственные (сеяные травы) с известкованием и внесением удобрений. В *защите растений*, выращиваемых на загрязненных угодьях, важную роль играет оптимизация

применения химических средств защиты, обеспечивающая минимизацию содержания токсикантов в пищевых продуктах (радионуклидов и веществ нерадиационной природы).

В животноводстве основное внимание уделяют рациональному кормлению животных, обеспечивающему получение продукции, отвечающей радиологическим стандартам (в частности, перевод животных в предубойный период на «чистые» корма, введение в рацион специальных добавок для ограничения перехода радионуклидов в продукцию животноводства, например, ферроцианидов для снижения концентрации ^{137}Cs в молоке и мясе, кальциевых препаратов для уменьшения перехода ^{90}Sr в молоко).

В ветеринарной медицине при содержании животных на загрязненных территориях применяют комплекс мер, направленных на исключение лучевой патологии (ограничение поступления радионуклидов в организм животных и обусловленное этим снижение дозы внутреннего облучения, уменьшение дозы внешнего облучения).

В перерабатывающих отраслях АПК используют ряд технологических процессов, обеспечивающих более низкие концентрации радионуклидов в конечных (пищевых) продуктах, чем в сырье например, переработка молока в масло, получение сахара, растительного масла, крахмала).

При сильном радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных угодий получение пригодной по содержанию радионуклидов продукции становится невозможным, точнее нерациональным с экономической и радиационно-гигиенической точек зрения. В этих случаях может оказаться целесообразным перепрофилирование отдельных отраслей АПК, а в крайнем случае — полное прекращение сельскохозяйственной деятельности человека.

В этих случаях возникает проблема постепенной реабилитации загрязненных сельскохозяйственных угодий и возвращения их в хозяйственный оборот с учетом радиологических характеристик (распад радионуклидов, уменьшение их биологической подвижности в агрофере и экономико-социальных факторов).

За послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Произошел распад короткоживущих радионуклидов. Концентрация долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве уменьшилась более чем на одну треть только благодаря естественному распаду. Установлено, что за прошедшие двадцать лет величина мощности экспозиционной дозы (МЭД) в пунктах наблюдений в Гомельской области, где выпало больше короткоживущих радионуклидов, снизилась в 10,3–13,0 раз, в Могилевской области – в 5,4–5,8 раза. Наблюдается постепенное уменьшение площади используемых загрязненных земель.

Загрязнение территории стронцием-90 имеет более локальный характер.

Земли, загрязненные ^{90}Sr , находятся в пределах зон загрязнения ^{137}Cs , что весьма затрудняет сельскохозяйственное производство.

В настоящее время преобладающая часть радионуклидов, выпавших на почву, находится в верхних слоях. Миграция цезия-137 и стронция-90 вглубь происходит медленно, со средней скоростью 0,3–0,5 см/год, поэтому угроза загрязнения водоносных горизонтов практически отсутствует. Скорость миграции стронция-90 несколько выше, чем цезия-137, при этом темпы миграции увеличиваются с возрастанием степени увлажнения почв.

В результате горизонтальной миграции радионуклидов с ветром, при пожарах, с поверхностным стоком паводковых и дождевых вод, а также вследствие хозяйственной деятельности происходит незначительное локальное очищение одних участков почвы и загрязнение других. Особенно активно идет аккумуляция радионуклидов в пониженных элементах рельефа, что сказывается на посевах в нижней части склонов. По данным исследований РУП «Институт почвоведения и агрохимии», в зернотравяных севооборотах плотность загрязнения почв цезием-137 в зоне аккумуляции может увеличиваться до 20–25 %, под пропашными культурами – до 75 % от исходного. В качестве защитной меры рекомендовано использование системы почвозащитных севооборотов и специальной обработки почв с периодическим глубоким (до 40 см) безотвальным рыхлением плужной подошвы

Поступление радионуклидов в культуры существенно зависит от гранулометрического состава почв и режима их увлажнения. На песчаных почвах переход радионуклидов в растения примерно вдвое выше, чем на суглинках, особенно при низкой обеспеченности почв обменным калием. На переувлажненных песчаных почвах, преобладающих в белорусском Полесье, высокая степень загрязнения кормов наблюдается даже при относительно низких плотностях загрязнения почв радионуклидами. Особенно высокими переходами в растения радионуклидов характеризуются широко распространенные в Полесье торфяные почвы. При одинаковой плотности загрязнения с минеральными почвами переход ^{137}Cs в растения на торфяных почвах в 4–10 раз выше.

Наиболее эффективными в комплексе защитных мер по уменьшению перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения является известкование кислых почв, внесение повышенных доз минеральных и органических удобрений, подбор культур и сортов, минимально накапливающих радионуклиды. За послеаварийный период в Беларуси переход ^{137}Cs из почвы в сельскохозяйственную продукцию снизился более чем на порядок. По экспертной оценке, около половины этого снижения обусловлено проведением контрмер, другая половина приходится на природные факторы распада и фиксации почвой радионуклидов цезия. Поступление ^{90}Sr в пищевую цепь удалось снизить только до 3 раз, поскольку доступность его растениям имеет тенденцию к повышению.

Переход радионуклидов из кормов в молоко и мясо

Накопление радионуклидов в организме связано со свойствами радионуклида, уровнем и полноценностью кормления животных, видом животных, их возрастом и физиологическим состоянием. Основным местом отложения ^{90}Sr является скелет, ^{137}Cs концентрируется в мягких органах и тканях. По отложению ^{90}Sr в скелете сельскохозяйственных животных можно расположить в следующий возрастающий ряд: крупный рогатый скот (КРС) < козы < овцы < свиньи < куры. Отложение ^{137}Cs в организме также наиболее интенсивно происходит у кур, а меньше всего – у КРС. Установлено снижение поглощения радионуклидов в желудочно-кишечном тракте взрослых и старых животных. Это объясняется более слабой проницаемостью мембран кишечной стенки и меньшей потребностью взрослого организма в минеральных веществах.

У высокопродуктивных животных коэффициент перехода радионуклидов из кормов в организм, как правило, ниже, чем у низкопродуктивных. Существенное влияние на величину коэффициента перехода оказывает сбалансированность рационов кормления животных по основным и особенно минеральным элементам питания.

На основании обобщения экспериментального материала последних лет установлены коэффициенты перехода радионуклидов из суточного рациона в продукцию животноводства (табл. 5).

Из таблицы видно, что цезий-137 более интенсивно переходит из кормов в молоко и мясо по сравнению со стронцием-90.

Установлена связь между содержанием клетчатки в загрязненном рационе коров при стойловом содержании и переходом цезия-137 в молоко. Так, с увеличением содержания клетчатки в рационе от 1,3-1,8 до 3,1 кг/сутки отмечается уменьшение коэффициента перехода ^{137}Cs от 0,9 до 0,6.

Таблица 5 - Коэффициенты перехода (K_p) радионуклидов из суточного рациона в продукцию животноводства (в % на 1 кг продукта)

| Вид продукции | Радионуклиды | |
|---------------------|--------------|-------------|
| | цезий-137 | стронций-90 |
| Молоко коровье | 0,62 | 0,14 |
| в том числе: | | |
| в стойловый период | 0,48 | 0,14 |
| в пастбищный период | 0,74 | 0,14 |
| Говядина | 4 | 0,04 |
| Свинина | 25 | 0,10 |
| Баранина | 15 | 0,10 |
| Мясо кур | 450 | 0,20 |
| Яйцо | 3,5 | 3,20 |

Особенности ведения сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения

Для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности населения разработаны и реализуются организационные, агротехнические, агрохимические, технологические и санитарно-гигиенические мероприятия.

Организационные мероприятия включают ряд последовательных и взаимосвязанных мер. В связи с тем, что загрязнение радионуклидами территории хозяйств произошло неравномерно, первоочередным мероприятием является инвентаризация угодий по плотности загрязнения радионуклидами и составление карт радиоактивного загрязнения земель. На основании этого составляется прогноз содержания радионуклидов в будущем урожае и продукции животноводства. Прогноз загрязнения продукции растениеводства позволяет заранее планировать подбор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами угодьях, их размещение по полям севооборотов с учетом плотности загрязнения почв и использование получаемой продукции. Для прогноза используют значения коэффициентов перехода радионуклидов (цезия-137 и стронция-90) из почвы в урожай при плотности загрязнения 1 Ки/км^2 . Значения коэффициентов перехода определены для основных сельскохозяйственных культур, для преобладающих типов почв с учетом содержания в них обменного калия и уровня кислотности. Прогноз загрязнения продукции животноводства производится на основе содержания радионуклидов в рационе (суммарной активности кормов, входящих в состав суточного рациона) и коэффициентов перехода радионуклидов из рациона в продукцию. Коэффициенты перехода цезия-137 и стронция-90 определены в процентном выражении на 1 кг молочной и мясной

продукции.

По результатам прогноза производится инвентаризация угодий и определение полей для выращивания культур различного использования: на продовольственные цели; для производства кормов; для получения семенного материала: на технологическую переработку. Организационные мероприятия предусматривают изменение структуры посевных площадей и севооборотов (внедряются четырех- и пятипольные севообороты); переспециализацию отраслей животноводства; организацию радиационного контроля сельскохозяйственной продукции; исключение угодий из хозяйственного использования или перевод выведенных из землепользования в хозяйственное использование; оценку эффективности защитных мероприятий и уровня загрязнения урожая после их проведения.

Среди агротехнических мероприятий особое место отводится подбору культур. При этом учитывается их способность накапливать радионуклиды в товарной части. Для возделывания подбирают культуры и сорта с минимальными коэффициентами накопления радионуклидов. Установлено, что накопление цезия-137 на единицу сухого вещества однолетними культурами уменьшается в следующем порядке: зерно люпина, зеленая масса (пелюшка, редька масличная, рапс, горох, вика), зерно гороха и вики, семена рапса, солома ячменя, овса, озимой ржи, озимого тритикале, озимой пшеницы, зерно кукурузы, овса, озимой ржи, озимого тритикале, ячменя, яровой пшеницы, озимой пшеницы.

Убывающий ряд культур по накоплению стронция-90 существенно отличается от ряда по накоплению цезия-137: клевер, горох, рапс, люпин, однолетние бобово-злаковые смеси, многолетние злаковые травы, солома ячменя и овса, зеленая масса кукурузы и озимой ржи, свекла кормовая, зерно ячменя, овса, озимой ржи, картофель.

Наибольшей способностью аккумулировать цезий-137 и стронций-90 отличаются многолетние травы естественных сенокосов и пастбищ. Осоково-злаковые и особенно осоковые ценозы, произрастающие на пониженных, постоянно переувлажненных поймах рек, накапливают ^{137}Cs в 5-100 раз больше, чем злаковые ценозы из ежи сборной и мятлика лугового. По степени уменьшения накопления ^{90}Sr травы располагаются в следующем порядке: разнотравье, осоки, ежа сборная, мятлик.

В связи с проведенным комплексом агротехнических и агрохимических мероприятий и естественными процессами уменьшения подвижности радиоцезия в почве производство зерновых культур и картофеля на продовольственные цели возможно при плотности загрязнения пахотных угодий цезием-137 до 15 Ки/км². В зоне 15-40 Ки/км² возделывание на продовольственные цели озимой пшеницы, ржи, ячменя, картофеля, некоторых овощных культур (огурцы, кабачки, томаты) возможно только на хорошо окультуренных дерново-

подзолистых суглинистых и супесчаных почвах (при отсутствии загрязнения почв ^{90}Sr). На окультуренных песчаных почвах возделывание этих культур возможно при плотности загрязнения почв менее 30 Ки/км². При возделывании корнеплодов – свеклы и моркови – необходимо учитывать уровень загрязнения почвы ^{90}Sr и осуществлять прогноз возможного накопления.

При плотности загрязнения почв ^{90}Sr 1-3 Ки/км² невозможно возделывание столового картофеля и зерновых культур на продовольственные цели. Зерновые культуры используются на фураж для мясного откорма животных и производства молока-сырья. На дерново-подзолистых почвах, загрязненных преимущественно ^{137}Cs , рекомендуют выращивать клевер, так как он накапливает меньше (в среднем на 30 %) радиоцезия, чем многолетние злаковые травы. При наличии в почве ^{90}Sr (плотность загрязнения более 0,3 Ки/км²) клевер накапливает его в 2,5 раза больше, чем злаковые травы. Для обеспечения кормового рациона белком рекомендуют выращивать клеверно-злаковые травосмеси. На загрязненных торфяно-болотных почвах подбирают для выращивания только злаковые травосмеси, так как клевер здесь накапливает примерно в два раза больше ^{134}Cs и ^{90}Sr , чем многолетние злаковые травы.

Незаменимой кормовой культурой в зонах радиоактивного загрязнения является кукуруза, высокие урожаи зеленой массы которой можно получать как в севообороте, так и в бессменных посевах в течение двух-трех лет.

В зонах с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr рекомендуется возделывать травы на семенные цели.

К технологическим мероприятиям относятся различные методы переработки продукции, содержащей радионуклиды. С учетом того, что загрязнение продукции радионуклидами может быть поверхностным и структурным, их удаляют двумя путями: 1) механическое удаление; 2) технологическая переработка. Эффективность переработки оценивается по коэффициенту очистки. Коэффициент очистки – это отношение удельной активности сырья к удельной активности продукта, полученного из этого сырья. Он показывает, во сколько раз уменьшается содержание радионуклида в продукте по сравнению с сырьем. Эффективные механические методы переработки зерна – обрушивание (удаление кроющих оболочек) и помол на муку – приводят к уменьшению концентрации радионуклидов в 2-5 раз. Наиболее эффективна технологическая переработка зерна, т.е. на крахмал и спирт с коэффициентами очистки соответственно 50 и 1000 раз.

У овощей и картофеля промывание водой снижает содержание радионуклидов в 3-10 раз; отваривание – до 5 раз; удаление кроющих листьев – в 5 раз; снятие кожуры – в 3 раза; удаление головки у корнеплодов – в 5 раз; промывание нарезанных овощей 0,1%-ным раствором уксусной, лимонной или соляной кислоты – в 30 раз; засолка и маринование – в 3-5 раз. Масличные куль-

туры перерабатывают на масло, где кратность очистки составляет 500 раз. При переработке сахарной свеклы на сахар коэффициент очистки составляет 70-90. За рубежом из сырья, содержащего радионуклиды, получают кормовой и пищевой белок, глюкозу, фруктозу, ферменты, органические кислоты и другие продукты.

Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в продукцию животноводства

Основной задачей ведения животноводства в зонах радиоактивного загрязнения является получение продукции, соответствующей требованиям республиканских допустимых уровней. Проведение защитных агро-мелиоративных и зоотехнических мероприятий позволяет значительно снизить производство молока и мяса с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr . В системе этих мероприятий выделяют 4 группы приемов:

- 1) производство кормов с допустимым содержанием радионуклидов;
- 2) изменение условий содержания и рационов кормления крупного рогатого скота на заключительной стадии откорма, введение в рацион специальных добавок, снижающих переход радионуклидов в продукты животноводства;
- 3) технологическая переработка продуктов животноводства;
- 4) репрофилирование отраслей животноводства.

Известно, что более 90 % радионуклидов поступает в организм животных с кормами, поэтому качеству их уделяется особое внимание. Чтобы уменьшить содержание радионуклидов в кормах, проводят поверхностное и коренное улучшение пастбищ и сенокосов. Для получения гарантированно чистых молока и мяса устанавливают пределы допустимого содержания (ПДС) ^{137}Cs и ^{90}Sr в суточном рационе животных и предельно допустимые уровни (ПДУ) радиоактивного загрязнения различных кормов.

При загрязнении отдельных видов кормов, превышающем предельно допустимый уровень, нормирование радионуклидов в рационе производится за счет увеличения доли более чистых кормов.

Для получения молока, соответствующего нормативам, рекомендуется использовать улучшенные и культурные пастбища и сенокосы, а также скармливать скоту при стойловом содержании скошенную траву и не выпасать его на пастбищах со слабой дерниной и низким (менее 10 см) травостоем. При стойловом содержании рекомендуют включать в рацион сено с культурных сенокосов, силос сеяных трав и кукурузы, кормовую свеклу и концентраты.

Выращивание и начальный откорм молодняка проводятся без ограничений по обычным рационам. Если радиоактивное загрязнение кормов превышает

допустимые уровни и не позволяет нормировать суточный рацион на уровне ПДС, тогда выращивание и откорм скота проводится в два этапа. На первом этапе кормление животных проводят по принятой в хозяйстве технологии без ограничений. В последние два месяца откорма используют рационы, включающие кукурузный силос, сенаж из однолетних трав, корнеплоды, барду, в которых содержание ^{137}Cs не превышает ПДС. Контроль рациона по содержанию ^{90}Sr не проводят, потому что переход его в мышечную ткань не превышает 0,04 %, в то время как переход ^{137}Cs в 100 раз больше и составляет 4%.

Для снижения перехода радионуклидов в молоко и мясо рекомендуют обогащать рацион кормовыми добавками, которые избирательно связывают радионуклиды цезия в коллоиды в желудочно-кишечном тракте животных. В качестве таких добавок наиболее эффективны ферроцианидные препараты, основу которых составляет гексоцианоферрат железа. Применение этих препаратов в составе болюсов, комбикорма, соли-лизунца лактирующим коровам и молодняку на заключительной стадии откорма позволяет снизить концентрацию ^{137}Cs в молоке от 3 до 10 раз, в мясе – от 2 до 5 раз в зависимости от уровня загрязнения рационов цезием.

В первые недели после радиационного выброса введение йодистого калия в рацион способствовало уменьшению радиоактивного йода-131 в молоке на 50 %.

Снижение радионуклидов в молоке и мясе отмечается при насыщении рациона минеральными веществами, особенно с содержанием кальция и калия, а также микроэлементами, белково-витаминными препаратами.

В хозяйствах, расположенных на почвах с плотностью загрязнения 15-40 Ки/км², где невозможно получение молока, целесообразна переспециализация молочного скотоводства на мясное с разведением скота симментальской породы или переспециализация скотоводства на свиноводство и птицеводство.

Для удаления радионуклидов из молока применяют различные методы очистки и переработки молока-сырья. При очистке используют ионно-обменные смолы (пирофосфат и циалит), хорошо поглощающие ионы цезия и стронция, 80-90 % которых удаляется вместе со смолами при тонкой фильтрации молока. Такой же эффект дает сепарирование молока. Технологическая переработка молока на сливки, творог, масло, сыр сопровождается переходом радионуклидов в обрат, сыворотку и пахту. При этом в сливках остается 4,5-10 % цезия-137 и 2,2-4,7 % стронция-90, в твороге – соответственно 5,2-13,4 и 16-35 %, а в масле около 1% от исходного содержания радионуклидов в молоке. В молоке стронций-90 связан белками. Для лучшей очистки молока от стронция-90 добавляют лимонную, уксусную или соляную кислоты, которые образуют со стронцием-90 растворимые в воде соли и нерастворимые, выпадающие в осадок. К эффективным методам очистки относится переработка молока на сгу-

щенное и сухое; сливок – на сгущенные и сухие. В процессе приготовления сухих продуктов исходное сырье нагревают до температуры более 400° С, при которой происходит испарение ^{137}Cs из сырья. Практически не остается радионуклидов в топленом масле.

Мясо, содержащее радионуклиды, вымачивают в воде с последующим посолом; в подкисленном растворе (10 %-ная соляная, уксусная или лимонная кислота); в соленом растворе. Мясо можно хорошо посолить и затем несколько раз вымочить в чистой воде. Эти приемы снижают содержание радионуклидов на 80-90 %. Кулинарная обработка (10-минутная варка мяса в кипящем бульоне с последующим сливанием его и заменой чистой водой) приводит к переходу 50-60 % ^{137}Cs из мяса в бульон. В мясе ^{90}Sr практически не накапливается. Из костей в бульон вываривается 1-2 % ^{90}Sr .

12. СОСТОЯНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Экологические проблемы мирового масштаба

Хозяйственная деятельность человека прежде всего связана с загрязнением окружающей среды. Распространение хозяйственных загрязнений и пагубное воздействие человека на биосферу превратилось из очагового в глобальное. Деятельность людей вызывает изменения качества среды, численного соотношения и гибель видов флоры и фауны. Так, в результате громадной численности домашний скот повсеместно вытесняет дикую фауну. Сегодня посевы и пастбища занимают площади, равные территориям крупных природных экосистем, которые постоянно уменьшаются. Считают, что доисторическая площадь лесов (76,2 млн км²) уменьшилась вдвое.

Существенную роль в изменении климата сыграла потеря половины лесов планеты, прежде всего тропических. Изменение климата проявляется в потеплении планеты, резких перепадах температуры, нарушении сложившихся климатических ритмов. Все это влияет на здоровье людей прежде всего с хронической патологией, а также метеопатов, подверженных влиянию погодных условий.

Люди изучили и используют лишь незначительную часть потенциальных ресурсов планеты, но их эксплуатация не безгранична. Например, из 23 тыс. видов рыб лишь немногие виды составляют основу промысла или разведения. В природе съедобны около 80 тыс. видов растений, 3 тыс. из них культивируются, но лишь 12 видов культурных растений дают около 90 % всего урожая. Все природные ресурсы в какой-то мере невозполнимы, что взаимосвязано с нарушением биоценозов и экосистем.

Демографические проблемы приводят к дефицитам и нарушениям в питании человека. Треть человечества недоедает (по калорийности), половина — не получает достаточного количества полноценного белка (по нормам не менее 1 г/кг массы тела). Нет белка — нет полноценной иммунологической защиты. Во многих регионах ощущается острый недостаток чистой питьевой воды.

Удовлетворение всевозрастающих потребностей цивилизации, приоритетность технократического мышления, получение максимальной экономической выгоды при минимальных затратах завело человечество в тупик. Выход один: либо человек примет основополагающие законы биосферы и цивилизация будет развиваться по экологическим принципам, либо цивилизация погибнет.

Экологическое загрязнение, неблагоприятное изменение окружающей среды представляют собой побочный результат деятельности человека. За последние столетия среди загрязнителей возникли потоки новых, чужеродных для человека веществ — *ксенобиотиков*, которые в прямом и переносном смысле отравляют жизнь. Человек живет в химически, физически и биологически за-

грязненном мире.

К наиболее значительным категориям загрязнения относятся:

— воздействие на воздух, воду и почву продуктов сжигания топлива, что приводит к кислотным дождям и другим проявлениям;

— неблагоприятное влияние на водные и другие экосистемы, эрозии почвы, стоки с полей пестицидов и удобрений;

— потенциально возможное заражение воздуха, воды и почвы радиоактивными веществами;

— выброс двуокиси углерода, фреона и других газов, которые способствуют истощению озонового слоя планеты и неблагоприятно влияют на климат и жизнедеятельность организмов. Основными направлениями антропогенных воздействий на окружающую среду являются прямое уничтожение, изменение среды обитания, перераспределение веществ, воздействие на биогеохимические циклы, производство новых веществ.

Сельское хозяйство наиболее тесно связано с окружающей средой. Взаимодействие не ограничивается использованием земельных угодий, изменением ландшафта, потреблением воды и т. д. (вырубка лесов, распашка полей, удаление верхнего плодородного слоя). В землю вносят удобрения, разнообразные пестициды. Сейчас в мире в среднем в год на душу населения приходится 20-40 кг минеральных удобрений. Культурные растения усваивают от 15 до 40 % веществ из всей массы вносимых удобрений, остальные смываются в водные бассейны, куда также поступает навоз.

Сельскохозяйственная техника травмирует почву. За один сельскохозяйственный сезон тракторные и автомобильные колеи покрывают более трех четвертей полевых площадей, от чего почвы настолько изменяются, что на глубине 8 см ее плотность повышается на 15-25 %, а водопроницаемость при этом снижается на 60-90 % (вода не проникает вглубь, не помогает и искусственное орошение, в результате происходит засоление почв).

Интенсификация производства и сельского хозяйства стала причиной бурного развития химической промышленности. Ежегодно синтезируется не менее 250 тыс. новых химических соединений. Около 70 тыс. веществ, созданных человеком, ныне числятся в списках коммерчески распространенных, и их число ежегодно увеличивается более чем на сто; около 25 тыс. соединений являются потенциальными канцерогенами, достаточно полные экологические и токсикологические испытания проведены лишь для 7 тыс. веществ. Многие из этих соединений оказывают мутагенное действие.

В биосфере содержится около 4 млн. несвойственных ей химических веществ. В результате на каждые 100 тыс. чел. в среднем 1950 (около 20 %) оказываются носителями вновь возникающих врожденных заболеваний.

Коммунально-бытовое хозяйство. В настоящее время увеличивается ко-

личество отходов, зачастую не перерабатываемых, растет энерго- и водопотребление. В мире бытовые отходы на душу населения составляют 300 кг/год, потребление воды – 600-2000 л/сут., безвозвратные потери воды в промышленности – 3-4 %, а в жилищно-коммунальном хозяйстве – 18-20 %.

Транспорт вносит существенный вклад в загрязнение окружающей среды. От его вида, места использования, технологических характеристик транспортных средств, технологического совершенства средств зависит состояние окружающей среды. Транспорт подразделяют на железнодорожный, водный, воздушный и автомобильный.

Основные виды воздействия *железнодорожного* транспорта — преобразование территорий при сооружении путей, станций, депо, ремонтных предприятий; потребление топливных ресурсов и электроэнергии; потребление воды подвижным составом и предприятиями железнодорожного транспорта; разнообразные выбросы твердых, жидких и газообразных веществ.

Особенности воздействия *водного* транспорта связаны с большим разнообразием его видов (морской, речной, самоходный, несамоходный, наливной, сухогрузный, буксирный, пассажирский, специальные суда, плавучие предприятия), строительством портов и береговых предприятий.

В основном воздействие осуществляется на водную среду. Выделяют два типа воздействия: 1) связанное с функционированием транспортных средств, что определяется типом судовой энергоустановки и видом используемого топлива (дизельное топливо, паро- и газотурбинные двигатели, атомные установки); 2) не связанное с функционированием транспорта – потери нефти, выбросы загрязненных вод, стоки сыпучих грузов с причалов и т. п.

Основное воздействие *воздушного* транспорта – выбросы в атмосферу отработанных веществ (особенно при взлете и посадке); шумовые воздействия; строительство аэропортов, ремонтных, складских и прочих помещений.

Вспомогательная авиация: внесение удобрений, обработка лесов и полей инсектицидами, пестицидами; уничтожение облачности с помощью химических реагентов и др.

Автомобильный транспорт оказывает значительное воздействие на окружающую среду. В мире насчитывается более 1 млн автомобилей. При этом в развитых странах на 1 тыс. жителей приходится не менее 100-120 автомашин.

В выхлопных газах содержится около 150 вредных веществ. В их числе оксид углерода, некоторые углеводороды, токсичные соединения свинца, канцерогенные вещества (бензапирен). Каждая тысяча автомобилей за день выбрасывает в атмосферу более 3 т оксида углерода. К этим выбросам прибавляются загрязнения почвы при замене масляных фильтров и других видах ремонта.

Для функционирования автотранспорта необходимы дороги, улицы, магистрали, автотранспортные предприятия, гаражное хозяйство, ремонтное и

сервисное обслуживание, сеть автозаправочных станций.

Количество и качество выбросов зависят от типа транспортного средства, типа двигателя, вида и качества топлива, технического состояния автомобиля и качества дорог.

Удельный вес автотранспорта в загрязнении атмосферы составляет (по разным компонентам) 40-80 %. В воздух крупных городов автотранспорт выбрасывает до 99 % оксида углерода, 90 % углеводородов, 50 % оксида азота.

Автомобиль — основная транспортная единица. Население дышит всем, что он выделяет; выбросы разрушают дома и конструкции, уничтожают памятники. С целью снижения вредного воздействия выхлопов на здоровье людей устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. На больших магистралях и крупных перекрестках ПДК могут превышать норму в 10-15 раз, а при определенных экологических условиях (город в низине, отсутствие ветра и т. д.) — еще больше. За счет поверхностного стока вредные вещества поступают в водоприемники. Отрицательное воздействие оказывает шум автомобильного транспорта, допустимые значения которого у стен жилых домов днем составляют 50 дБ, ночью — 40 дБ. Усиление шумового фона свыше предельно допустимых величин (80 дБ) характерно для современного города и представляет опасность для физического и психического здоровья населения: приводит к повышению утомляемости, неврозам, росту сердечно-сосудистых заболеваний и т. д.

Глобальный экологический кризис и пути выхода из него

Экологический кризис — это несоответствие быстрого развития цивилизации и темпов восстановления и воспроизводства природных условий и ресурсов. Экологический кризис связан прежде всего с истощением природных ресурсов и загрязнением природной среды.

Начиная с 70-х годов XX в. вера в научно-технический прогресс и, как следствие, безнаказанность действий человека стали уступать место обеспокоенности состоянием окружающей среды, все более ухудшающейся под влиянием развития техносферы. Биоценозы, слагавшиеся на протяжении всей истории Земли, подверглись значительной деградации вследствие хозяйственной деятельности человека. Биосферные компоненты и процессы человек изменил в разной степени: от сравнительно слабого воздействия до полного уничтожения.

Человечество в процессе жизнедеятельности влияет на экологические системы. Осушая болота, вырубая леса, уничтожая озоновый слой, поворачивая течение рек, сбрасывая отходы в окружающую среду, человек разрушает связи в устойчивой системе, что может привести к ее дестабилизации, экологической катастрофе.

Под *экологической катастрофой* следует понимать переход системы из

одного устойчивого состояния в другое. Например, повышение средней температуры Земли может привести к таянию полярных льдов, опустыниванию почв, вымиранию определенных видов флоры и фауны, возможно, даже к гибели человечества. Экологические катастрофы могут быть от локального уровня (гибель леса, осушение моря) до глобального (в масштабах Земли).

Экологическую обстановку в том или ином регионе классифицируют следующим образом: удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная (зона чрезвычайной экологической ситуации), катастрофическая (зона экологического бедствия) (табл. 6).

Ныне разразился глобальный экологический кризис. Изымаются, исчезают, эродированы колоссальные площади плодородных земель, катастрофически разоряются биоценозы, исчезают все новые виды животных и растений, хозяйственная деятельность резко активизирует опасные экзогеодинамические процессы, что приводит к резкому увеличению катастроф. Чрезвычайное антропогенное загрязнение нарушает регенерационные очистительные процессы. Динамическое равновесие такой социоэкосистемы неустойчиво, ресурсы исчерпаны.

Таблица 6 - Признаки крайних степеней экологического неблагополучия

| Объект | Степень экологического неблагополучия | |
|-------------------------|---|---|
| | Чрезвычайная экологическая | Экологическое бедствие |
| Окружающая среда | Устойчивые отрицательные изменения | Глубокие необратимые изменения |
| Население | Угроза здоровью населения | Существенное ухудшение здоровья населения |
| Естественные экосистемы | Устойчивые отрицательные изменения состояния экосистем, уменьшение их биоразнообразия | Разрушение экосистем |

Для современного глобального экологического кризиса характерны следующие проявления:

- изменение климата планеты вследствие изменения баланса газов в атмосфере;
- общее и местное (над полюсами и отдельными участками суши) разрушения биосферного озонового экрана;
- загрязнение Мирового океана тяжелыми металлами, сложными органическими соединениями, нефтепродуктами, радиоактивными веществами, насыщение вод углекислым газом;

- нарушение естественных экологических связей между океаном и водами суши в результате строительства плотин на реках, приводящий к изменению твердого стока, нерестовых путей и т. п.;
- загрязнение атмосферы с образованием кислотных осадков, высокотоксичных веществ в результате химических и фотохимических реакций;
- загрязнение вод суши, в том числе речных, служащих для питьевого водоснабжения, высокотоксичными веществами, включая диоксины, тяжелые металлы, фенолы;
- опустынивание планеты;
- деградация почвенного слоя, уменьшение площади плодородных земель, пригодных для сельского хозяйства;
- радиоактивное загрязнение отдельных территорий в связи с захоронением радиоактивных отходов и техногенными авариями;
- накопление на поверхности суши бытового мусора и промышленных отходов, в частности, практически неразлагающихся пластмасс;
- сокращение площадей тропических и северных лесов, ведущее к дисбалансу газов атмосферы, в том числе уменьшению концентрации кислорода в атмосфере;
- загрязнение подземного пространства, включая подземные воды, что делает их непригодными для водоснабжения и угрожает жизни в литосфере;
- массовое и быстрое исчезновение видов живого вещества;
- ухудшение среды жизни в населенных местах, прежде всего урбанизированных территориях;
- истощение и нехватка природных ресурсов для развития человечества;
- изменение размера, энергетической и биогеохимической роли организмов, переформирование пищевых цепей, массовое размножение отдельных видов организмов;
- нарушение иерархии экосистем, увеличение системного однообразия на планете.

Интенсивность хозяйственной деятельности человека достигла величин, соизмеримых с мощностью природных процессов, возникла новая геологическая сила — антропогенный фактор. Хозяйственная деятельность человека нарушает связующие и регуляторные механизмы биосферы.

В целом экологическое равновесие нарушается в результате индустриализации, милитаризации планеты, урбанизации, широкого применения химических веществ, в том числе мощного биологического действия (пестициды), роста транспорта, снижения запасов ископаемого топлива, роста народонаселения, что наиболее существенно среди всех причин экологического кризиса.

Среди основных причин экологического кризиса отмечают:

- недостаточность экологических научных знаний о природных ресур-

сах, законах природы и процессах взаимодействия между окружающей средой и человеком;

— хищнический способ производства, который характеризуется разграблением природных ресурсов без одновременного решения вопросов их сохранения;

— недостаток средств на природоохранные мероприятия;

— кажущаяся безграничность природных ресурсов, процессов самоочищения;

— безответственное игнорирование хозяйственными руководителями и местными властями отрицательных последствий тех или иных недостаточно обоснованных акций.

Один из важных путей выхода из экологического кризиса — экологизация мышления. Политика государств и повседневная жизнь людей должны быть основаны на приоритете экологических ценностей. Повышение уровня жизни людей должно идти не за счет истощения природы, а сопровождаться сохранением и возобновлением условий существования животного и растительного мира. На государственном уровне необходима максимальная поддержка всех действий, направленных на охрану окружающей среды, достаточное финансирование научных исследований, связанных с экологией.

Необходимо прекращение деятельности, отрицательно влияющей на окружающую среду; приостановление работы объектов, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье человека, его генофонд; ограничение отдельных видов природопользования, проведение мер по восстановлению и воспроизводству природных ресурсов.

Природные ресурсы и демографические проблемы

За последние десятилетия в условиях демографического кризиса, наряду с демографическим бумом, происходит неравномерное перераспределение населения, скопление, скученность, миграция основной части населения в город — *урбанизация* (лат. *urbanus* — городской), что затрудняет развитие индивидуализации личности.

Урбанизация порождает многие экологические проблемы (загрязнения, отходы, потерю плодородных земель, лесов, нарушения естественных круговоротов веществ и др.). Города — наиболее мощные множественные антропогенные экспансии в природе. В них происходит колоссальная концентрация промышленности, транспорта и населения. При этом возникают экологические проблемы всевозрастающей урбанизации, оптимизации инфраструктуры городов, экологически нерационального планирования градостроительства (высокая концентрация производств, концентрация жилых комплексов вокруг производственных предприятий), экологических вредностей городов (физические, хими-

ческие и др.), состояния водоснабжения, очистки и озеленения городов, городского транспорта, отрицательного влияния урбанизации на распространение заболеваний.

Для саморазвития всего живого, тем более человека, необходимо определенное пространство. В связи с этим и возникло направление – экология пространства.

Жители мегаполиса выбрасывают в день в общей сложности более 20 000 т разнообразного хлама, в основном содержащего металлы, стеклянные контейнеры, макулатуру, пластик, пищевые отходы. В этой смеси содержится большое количество опасных отходов: ртуть из батареек, фосфоро-карбонаты из флюоресцентных ламп и токсичные химикаты из бытовых растворителей, красок и предохранителей деревянных покрытий. Острота проблемы загрязнения окружающей среды городскими отходами нарастает с каждым днем.

В густонаселенных районах Европы способ захоронения отходов, как требующий слишком больших площадей и способствующий загрязнению подземных вод, был предпочтен другому – сжиганию. Сжигание сократило объем мусора на 70-90 %, в зависимости от состава, поэтому нашло широкое применение. Выделяемое при сжигании мусора тепло можно использовать для получения электрической энергии, но не везде эти проекты смогли оправдать затраты. Однако многие города вскоре отказались от такого способа уничтожения отходов вследствие ухудшения состава воздуха. Захоронение отходов осталось в числе наиболее популярных методов решения проблемы.

Перспективным способом утилизации городских отходов является переработка, развивающаяся по следующим основным направлениям: органическая масса используется для получения удобрений, текстильная и бумажная макулатура – для получения новой бумаги, металлолом направляется в переплавку. Главная проблема в переработке – сортировка мусора и разработка технологических процессов переработки. Переработка, по сравнению с захоронением и сжиганием, – наиболее эффективный способ решения проблемы уничтожения отходов, так как позволяет экономить энергию и беречь окружающую среду.

Дальнейшее развитие технического прогресса невозможно без оценки влияния новых технологий на экологическую ситуацию. Новые связи, создаваемые человеком, должны быть замкнуты, чтобы обеспечить неизменность основных параметров планеты Земля, влияющих на экологическую стабильность. В перспективе крайне необходимо применение принципов создания технологий, не разрушающих природу.

Остроту складывавшейся к XX в. экологической ситуации остро осознавал В. И. Вернадский. По его расчетам, в древние времена человек использовал в производстве девятнадцать химических элементов, а к началу XX в. – 59. За это время влияние человека на природу значительно увеличилось. Резко возрос

объем добычи природных ископаемых, особенно черных и цветных металлов, угля, нефти, газа, строительных материалов и т. д. Увеличилась вырубка леса для получения древесного сырья и для расширения сельскохозяйственных угодий.

Основное воздействие на окружающую среду оказывает промышленность и связанная с ней разведка и добыча ресурсов. За 100 лет (середина XIX – середина XX в.) потребление железа, марганца, никеля увеличилось в 50-60 раз, алюминия, ванадия, молибдена – в 200-1000 раз. Общий объем добываемых минеральных ресурсов к концу 60-х годов составил около 20 т на душу населения, а к середине 70-х годов дошел до 27 т. В начале XXI в. показатель 60-х годов превзойден более чем в 6 раз. Долгие годы эти показатели однозначно оценивались как положительные последствия НТР.

Современное воздействие человека на природу сопровождается возрастающим потреблением воды. Объем потребления этого ресурса в 10 раз превышает совокупное потребление всех остальных видов минеральных ресурсов. Резко увеличилось количество загрязняющих веществ (поллютантов).

Сжигание органического топлива является источником диоксида углерода в атмосфере и причиной возникновения «парникового эффекта», потепления климата Земли, опасности таяния ледников и повышения уровня Мирового океана. В 1827 г. французский физик Ж. Фурье предположил, что атмосфера земли выполняет функцию своего рода стекла в теплице: воздух пропускает солнечное тепло, не давая ему при этом испариться обратно в космос. Это происходит благодаря некоторым атмосферным газам, например водяным испарениям и диоксиду углерода. Они пропускают видимый и «ближний» инфракрасный свет, излучаемый солнцем, но поглощают «далекое» инфракрасное излучение более низкой частоты, образующееся при нагревании земной поверхности солнечными лучами. Если бы этого не происходило, Земля была бы примерно на 30 градусов холоднее, чем сейчас, и жизнь бы на ней практически замерла.

Исходя из того что «естественный» парниковый эффект – это устоявшийся, сбалансированный процесс, вполне логично предположить, что увеличение концентрации «парниковых» газов в атмосфере должно привести к усилению парникового эффекта, который, в свою очередь, приведет к глобальному потеплению климата. Количество CO_2 в атмосфере неуклонно растет уже более века вследствие того, что в качестве источника энергии стали широко применять различные виды ископаемого топлива (уголь и нефть). Как результат человеческой деятельности в атмосферу попадают и другие парниковые газы, например метан, закись азота и целый ряд хлорсодержащих веществ. Несмотря на то, что они производятся в меньших объемах, некоторые из этих газов куда более опасны с точки зрения глобального потепления, чем диоксид углерода.

Деятельность человека приводит к повышению концентрации парнико-

вых газов в атмосфере. Увеличение концентрации парниковых газов приведет к разогреву нижних слоев атмосферы и поверхности Земли. Изменение в способности Земли отражать и поглощать тепло, в том числе вызванное увеличением содержания в атмосфере тепличных газов и аэрозолей, приведет к изменению температуры атмосферы и Мирового океана и нарушит устойчивые типы циркуляции и погоды.

За последние сто лет среднегодовая глобальная температура поднялась на 0,3-0,6 °С. Пока трудно с уверенностью сказать, происходит глобальное потепление или нет, так как наблюдаемый рост температуры еще находится в пределах естественных температурных колебаний.

Потепление и изменение климата, пагубное вмешательство человека в биосферу привели к резким нарушениям биоценозов микроорганизмов и вирусов. Ежегодно человек и все живое подвергаются воздействию новых (и модифицированных) микробов и вирусов.

Климат можно определить как типичную погоду, присущую той или иной местности, среднее колебание которой остается неизменным на протяжении многих лет. Изменение климата происходит очень медленно. Как правило, для наблюдений за климатом метеослужбы рассчитывают средние показатели погоды за последние тридцать лет.

Изменения климата на протяжении всей истории человечества оказывали огромное влияние на то, как изменялась жизнь человека. Этот процесс влиял на зарождение и гибель целых культур и цивилизаций. Глобальные похолодания (ледниковые периоды) и глобальные потепления происходили регулярно, принося как пользу, так и нанося огромный вред всему живому. Климат обычно медленно изменяется под воздействием естественных факторов. Земле понадобились тысячи лет для того, чтобы разогреться после последнего ледникового периода, и в различных регионах этот процесс происходил чрезвычайно неравномерно и непредсказуемо. Земле потребовались десятилетия для того, чтобы оправиться после «мини-ледникового периода» (между 1700 и 1850 годами). Потепление, вызванное деятельностью человека, может произойти намного быстрее, чем при естественном процессе. Человеку, как и большинству видов, будет трудно -адаптироваться к таким резким и кардинальным изменениям.

Увеличение концентраций парниковых газов приведет к разогреву нижней атмосферы и поверхности земли. Любое изменение в способности земли отражать и поглощать тепло, в том числе вызванное увеличением содержания в атмосфере парниковых газов или аэрозолей, приведет к изменению температуры атмосферы и Мирового океана, а также связанных с ними погодных циклов.

Климат и погода влияют на урожаи культур и растительность, поэтому их изменения могут привести к переизбытку продовольствия или повлечь голод в отдельных регионах планеты. Мировой потенциал производства продуктов пи-

тания ограничен, мировая система распределения далека от совершенства, и технология ведения сельского хозяйства изменяется очень медленно. Запасы продовольствия могут пострадать в первую очередь в результате вызванного человеком изменения климата.

Высокая вероятность повышения уровня Мирового океана — еще одно возможное последствие изменения климата, вызванного человеческой деятельностью. После последнего ледникового периода уровень океана вырос на сотню метров. Некоторые города, расположенные в прибрежной полосе, очень уязвимы, когда вблизи них проходит ураган или тайфун. Для многих государств, располагающихся в низменностях, ущерб может быть крайне тяжелым.

Резкое потепление климата может повлечь и другие последствия. Одни из них будут связаны с разрушением прибрежных водно-болотных угодий, гибелью флоры и фауны. Другие — с экономическими потерями, неминуемо следующими за наводнениями и засухами.

Некоторые сценарии конца света предсказывают гибель миллиардов людей, даже всего человечества при глобальном потеплении. Ожидаемое потепление климата в ближайшие два столетия должно составить около 2,5 °С. Такое изменение намного меньше суточного перепада температуры. Однако опасность для жизни представляет не сам факт изменения температуры, а последствия ее повышения в виде наводнений и нехватки продовольствия. В настоящее время миллионы людей умирают от наводнений и голода. Глобальное потепление климата способно значительно ухудшить эту ситуацию.

Даже если предположить, что изменение климата происходит в действительности, невозможно быть уверенным в этом. Средняя температура планеты может существенно дифференцироваться год от года, и даже каждое десятилетие по естественным причинам. Проблема в том, какое именно значение можно считать средним и когда можно говорить, что оно действительно изменилось.

Целый ряд теплых лет выдался в конце восьмидесятых и начале девяностых годов XX в. Это вызвало опасение, что антропогенное глобальное потепление уже началось. Среднее значение температуры воздуха в мире поднялось на 0,3-0,6 °С за последние сто лет. Однако нет полного согласия по поводу причины, вызвавшей этот рост. Трудно сказать со стопроцентной уверенностью началось или нет глобальное потепление, поскольку наблюдаемый рост температуры все еще находится в пределах естественных температурных колебаний. Только время и качественные измерения помогут разрешить эту неопределенность.

Проблема глобального потепления в том, что неопределенность в этом вопросе питает естественный скепсис по поводу грозящей опасности. Принимая во внимание то время, которое проходит с момента выброса человеком в

атмосферу парниковых газов, до того момента, когда земля отвечает на антропогенное воздействие потеплением климата, большинству людей поверить в реальность изменения климата и в причинно-следственные связи между потеплением и человеческой деятельностью еще труднее. Однако реальность может оказаться такой – к моменту наступления глобального потепления можно будет констатировать наверняка: этот процесс пойдет так далеко, что изменить что-либо уже будет невозможно.

Согласно прогнозам при выбросах в атмосферу на прежнем уровне мировая температура к 2030 г. возрастет приблизительно на 1,1 °С. Потепление такого масштаба предположительно вызовет глобальное увеличение количества осадков и интенсивность испарения влаги на несколько процентов и приведет к сокращению территорий, покрытых льдом и снегом.

Разные государства вносят неодинаковый вклад в глобальное потепление: чем выше в стране уровень жизни и чем больше в ней потребляется продовольствия, энергии и древесины, тем больше диоксида углерода (CO₂), хлорфторуглеродов (ХФУ) и других парниковых газов такая страна выбрасывает в окружающую среду. Развитые страны выбрасывают в атмосферу почти в десять раз больше CO₂ из расчета на одного человека, чем развивающиеся страны.

В 80-х годах 46 % антропогенного потепления на планете объяснялось использованием энергии и на 18 % – лесохозяйственной деятельностью. Хлорфторуглероды были ответственны за 24 % глобального антропогенного потепления, однако впоследствии был введен строгий контроль за использованием этих веществ. Вклад сельского хозяйства в глобальное потепление оценивался в 9 % и только 3 % пришлось на долю всех остальных источников.

Так, если на долю энергетики приходится 50 % всего антропогенного глобального потепления, то одно из возможных решений проблемы видится в изменении практики использования энергии. Чтобы достичь ощутимых результатов, соответствующие меры должны быть предприняты во всех странах мира. Большинство государств на конференции в Рио-де-Жанейро взяли на себя обязательства по контролю за выбросами парниковых газов.

Для решения проблемы экологии предлагают два способа: повышение эффективности потребления энергии и переход к альтернативным видам топлива (отказ от добываемых из недр земли видов топлива, таких как нефть и уголь).

Основными источниками поступления в атмосферу диоксида углерода в индустриальных странах являются электростанции, самолеты, заводы, котельные, а также автомобильный транспорт. Замена этих технических средств на альтернативные в масштабе всего мира – чрезвычайно дорогостоящее предприятие. Вероятно, имеет смысл перейти к альтернативным источникам энергии, производящим меньше CO₂, в момент, когда эта техника выработает свой ресурс. Ведь уже сегодня значительное количество энергии производят гидро-

электростанции, атомные, ветровые, геотермальные электростанции и электростанции, использующие энергию Солнца.

Некоторые современные производители электроэнергии, например атомные станции, выглядят неплохим решением проблемы. Однако ядерная энергетика на современном этапе находится в эпицентре ожесточенных споров в обществе. Атомные станции почти не выбрасывают CO_2 и могут удовлетворить мировые потребности в энергии при помощи уже существующих технологий. Защитники атомной энергии широко используют аргумент, когда речь идет о парниковом эффекте. Противники атомной энергии противопоставляют этой позиции экологический риск от возможных утечек радиации и утилизации радиоактивных отходов, указывают на связанные с эксплуатацией атомных станций огромные финансовые расходы и опасность ядерного терроризма.

Хлорфторуглероды и родственные им вещества в первую очередь связаны с разрушением озонового слоя стратосферы. Эти соединения вносят вклад и в тепловой баланс планеты. Может оказаться, что эффект охлаждения, связанный с разрушением озонового слоя хлорфторуглеродами, может превзойти парниковый эффект, вызванный использованием таких веществ. Тем не менее некоторые заменители хлорфторуглеродов сами являются парниковыми газами.

Сложнее контролировать выбросы закиси азота и метана – двух других парниковых газов. Их образование непосредственно связано и с естественными природными процессами и с человеческой деятельностью. Более эффективное использование энергии, получаемой путем сжигания топлива, должно стать одним из способов сокращения выбросов закиси азота. Крупным источником образования закиси азота и метана является сельское хозяйство. Таким образом, изменение практики ведения сельского хозяйства тоже может внести вклад в дело снижения концентрации этих газов в атмосфере.

Увеличение площади лесов является еще одним способом борьбы с потеплением, так как растения поглощают диоксид углерода. Деревья поглощают больше CO_2 , чем другие растения. Однако во всем мире усиливается процесс вырубки и уничтожения лесов, что вызывает тревогу в связи с возможностью глобального потепления климата.

Современное общество вплотную приблизилось еще к одной глобальной климатической проблеме. В какой-то момент мировому сообществу придется столкнуться с вопросом перенаселения планеты. Количество парниковых газов во всех антропогенных и природных источниках увеличивается пропорционально росту численности населения. Большее количество людей использует большее количество энергии, сельскохозяйственных угодий, продовольствия и т. д.

Возможно, уже не удастся избежать глобального потепления, связанного с увеличением выбросов в атмосферу CO_2 . Однако из этого не следует, что

поздно пытаться что-либо предпринимать по этому поводу. Есть возможность увеличить энергоэффективность, создать новые технологии в сельском хозяйстве и производстве энергии, контролировать рост численности населения.

Существует несколько сравнительно простых способов борьбы с глобальным потеплением. В 80-х годах XIX в. на долю CO₂ приходилось примерно 49 %. Реально сократить количество парниковых газов можно только при участии всех стран мира, улучшая практически все энергетические системы и не ограничивая спектр действий исключительно энергетическим сектором.

Если сохранится тенденция глобального потепления, это приведет к изменению погоды и увеличению количества осадков, что в свою очередь приведет к подъему уровня Мирового океана. В США и бывшем СССР последние 30-40 лет выпадает осадков на 10 % больше, чем в прошлом. В то же время количество осадков над экватором сократилось на те же 10 %. Дальнейшее изменение в системе выпадения осадков окажет огромное воздействие на сельское хозяйство, смещая зоны возделывания культур в северные районы Северной Америки и Евразии. Наиболее благоприятные условия для выращивания культур сложатся в сельскохозяйственных регионах России, и обильные осадки будут выпадать в Северной Африке, где засуха продолжается с 1970-го года. Повышение температуры увеличит испарение влаги с поверхности океана, что приведет к увеличению выпадения осадков на 11 %.

Последствия потепления климата будут ощущаться на Северном и Южном полюсах, где увеличившаяся температура приведет к подтаиванию ледников. Увеличение температуры на 10 °C вызовет повышение уровня Мирового океана на 5-6 м, что приведет к затоплению многих прибрежных территорий во всем мире.

Так как предполагаемое потепление климата, вызванное человеческой деятельностью, на 50 % происходит в результате потребления энергии, напрашивается вывод, что для предотвращения кризиса надо изменить практику этого потребления. По мнению Агентства по охране окружающей среды США, мировое сообщество должно предпринять серьезные меры. Если опасения, связанные с потеплением климата, оправдаются, то плата за бездействие будет намного выше, чем затраты на предотвращение кризиса.

По мнению экологов, наиболее действенными будут повышение эффективности энергопользования и переход к альтернативным видам топлива (отказ от ископаемых видов топлива, таких как нефть и уголь). Хотя мировое сообщество сделало большой шаг вперед в повышении эффективности использования энергии, ему предстоит огромная работа в этой области.

Предполагают, что к 2025-му году доля развивающихся стран в производстве диоксида углерода возрастет до 44 %. В последние годы Россия и страны СНГ значительно сократили выбросы в атмосферу CO₂ и других парнико-

вых газов, что связано с переменами, происходящими в этих странах, и падением уровня производства. Тем не менее ученые ожидают, что в первой половине XXI в. Россия достигнет прежних объемов выброса в атмосферу парниковых газов.

Кислотные дожди и закисление почв

Термином «кислотные дожди» называют все виды метеорологических осадков – дождь, снег, град, туман, дождь со снегом, – рН которых меньше, чем среднее значение рН дождевой воды (средний рН для дождевой воды равняется 5,6).

Выделяющиеся в процессе человеческой деятельности двуокись серы (SO_2) и окислы азота трансформируются в атмосфере земли в кислотообразующие частицы. Эти частицы вступают в реакцию с водой атмосферы, превращая ее в растворы кислот, которые и понижают рН дождевой воды (рис. 2).

Термин «кислотный дождь» введен в 1872 г. английским исследователем А. Смитом. Кислотные дожди являются одной из причин гибели жизни в водоемах, лесов, урожаев и растительности. Кроме того, кислотные дожди разрушают здания и памятники культуры, трубопроводы, приводят в негодность автомобили, понижают плодородие почв и могут приводить к просачиванию токсичных металлов в водоносные слои почвы.



Рисунок 2 - Причины образования кислотных дождей и их влияние на биосферу

Вода обычного дождя тоже представляет собой слабокислый раствор. Это происходит вследствие того, что природные вещества атмосферы, такие как двуокись углерода (CO_2), вступают в реакцию с дождевой водой. При этом образуется слабая угольная кислота ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). Тогда как обычно рН дождевой воды равен 5,6-5,7, в реальности показатель кислотности (рН) дождевой воды в одной местности может отличаться от показателя кислотности дождевой воды в другой местности. Это прежде всего зависит от состава газов атмосферы, таких как оксид серы и оксиды азота.

Кислотный дождь образуется в результате реакции между водой и такими загрязняющими веществами, как оксид серы (SO_2) и оксидами азота. Эти вещества выбрасываются в атмосферу автомобильным транспортом, в результате деятельности металлургических предприятий и электростанций, а также при сжигании угля и древесины. Вступая в реакцию с водой атмосферы, они превращаются в растворы кислот – серной, сернистой, азотистой и азотной, затем вместе со снегом или дождем выпадают на землю.

Последствия выпадения кислотных дождей наблюдаются во многих странах земного шара. Кислотный дождь оказывает отрицательное воздействие на водоемы – озера, реки, заливы, пруды, – повышая их кислотность до такого уровня, что в них погибает флора и фауна. Водяные растения лучше всего растут в воде со значениями рН между 7 и 9,2. С увеличением кислотности водяные растения начинают погибать, лишая других животных водоема пищи. При кислотности рН = 6 погибают пресноводные креветки, при увеличении до рН = 5,5 погибают донные бактерии, которые разлагают органические вещества и листья, и органический мусор начинает скапливаться на дне, после чего гибнет планктон — крошечное животное, которое составляет основу пищевой цепи водоема и питается веществами, образующимися при разложении бактериями органических веществ. При кислотности рН = 4,5 погибает вся рыба, большинство лягушек и насекомых.

Кислотный дождь наносит вред не только водной флоре и фауне, но также уничтожает растительность на суше. Смесь загрязняющих веществ, включающая кислотные осадки, озон и тяжелые металлы, в совокупности приводят к деградации лесов. Единственный способ изменить ситуацию к лучшему, по мнению многих специалистов, — это уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу.

Проблема разрушения озонового слоя

Озоновый слой – это воздушный слой в верхних слоях атмосферы (стратосфере) из особой формы кислорода – озона. Молекула озона состоит из трех атомов кислорода (O_3). Озоновый слой начинается на высотах около 8 км над полюсами (17 км над экватором) и простирается вверх приблизительно до 50

км. Однако плотность озона очень низкая, и если сжать его до плотности, которую имеет воздух у поверхности земли, то толщина озонового слоя не превысит 3,5 мм. Озон образуется, когда солнечное ультрафиолетовое излучение бомбардирует молекулы кислорода (рис. 3).

Так как озоновый слой поглощает ультрафиолетовое излучение, то его разрушение приведет к более высоким уровням поступления этих лучей к поверхности земли, что в свою очередь может вызвать увеличение случаев раковых заболеваний. Другим следствием повышенного уровня ультрафиолетового излучения станет разогрев поверхности планеты и вследствие этого изменение температурного режима, режима ветров и дождей, повышение уровня моря.

В 1985 г. обнародованы данные, согласно которым в предшествующие восемь лет были обнаружены увеличивающиеся каждую весну озоновые дыры над Северным и Южным полюсами.

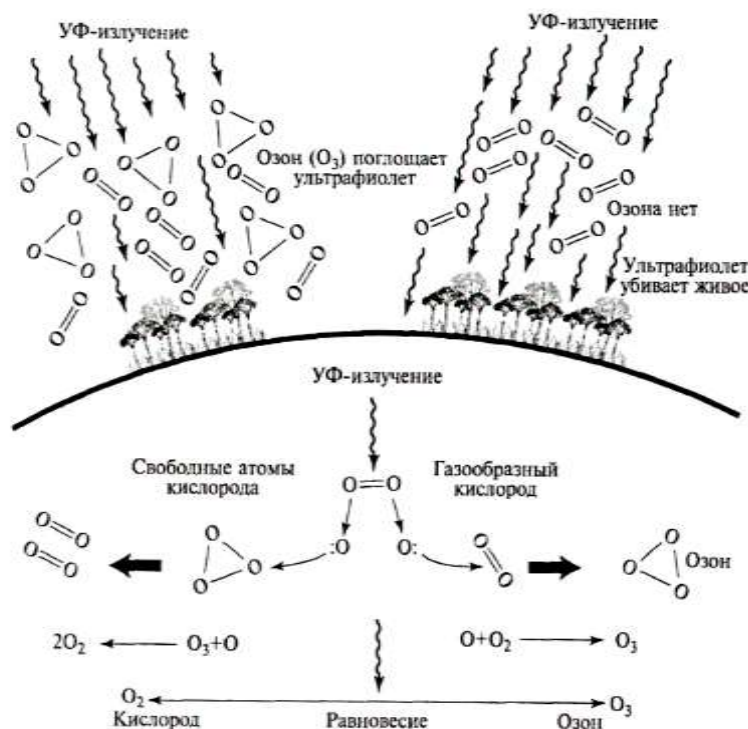


Рисунок 3 - Образование озона и «озоновых дыр» в атмосфере

Соединения хлора, называемые хлорфторуглеродами (ХФУ), которые широко использовались в промышленности и в быту, несут ответственность за разрушение озонового слоя Земли. Некоторые виды хлорфторуглеродов использовались в качестве охладителей в холодильных установках и кондиционерах. Другие ХФУ применялись для производства поролонов и пенопластов — материалов, широко используемых во многих потребительских товарах, начиная от одноразовой пенопластовой посуды и заканчивая изоляционными материалами. Хлорфторуглероды нашли широкое применение в баллонах для рас-

пыления аэрозолей и в качестве веществ для промывания электрооборудования.

13. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Сельское хозяйство и экология

Сельскохозяйственная деятельность человека, начавшаяся в неолите, вызвала серьезные изменения в биосфере. Развитие сельского хозяйства сопровождалось полным уничтожением естественного растительного покрова и крупных животных, возникновением на их месте агроэкосистем, отличающихся минимальным набором видов растений и соответственно их незначительной значимостью для биосферы. Приручение животных вызвало нарушения структуры растительного покрова (вытаптывание, поедание, что явилось началом деградации ландшафтов). Нерациональное использование земель часто приводило к интенсивным процессам эрозии, потере плодородия и превращению сельскохозяйственных земель в безжизненные пространства. Так, в Китае в начале неолита леса занимали около 90 % территории, а сейчас лишь 5 %. В северных районах Сирии и юга Палестины, в Месопотамии земледелие, возникшее более 10 000 лет тому назад, привело к деградации земель и образованию пустынь. Аграрная цивилизация, которая преобладала вплоть до середины XIX в., вызвала "облысение" нашей планеты и многие необратимые явления (опустынивание, загрязнение, эрозия и дефляция). Все это обусловило снижение продуктивности земли.

Влияние сельскохозяйственного производства на окружающую природу достигло значительных масштабов и осуществляется по многим направлениям (рис. 4).

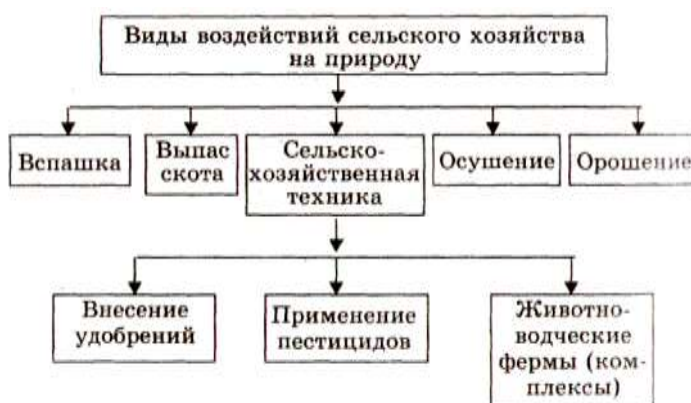


Рисунок 4 - Виды воздействия сельского хозяйства на природу

Рыночная экономика способствовала широкому распространению многочисленных терминов рекламного характера: «продукт экологически чистый»,

«свежий», «выращенный без применения пестицидов» и т.д. Особенно много пишут и говорят об экологической чистоте продуктов питания (мяса, молока, яиц и др.). Пищевые и иные продукты животноводства, предназначенные для распродажи, рекламируются чаще всего как экологически чистые. Модный теперь термин «экологически чистый продукт» привлекает и подкупает покупателя своей благозвучностью и современностью.

Производство высококачественной, экологически чистой, безвредной продукции животноводства – одно из необходимых условий обеспечения надежной экологической безопасности населения нашей страны. Должны быть приняты законы, запрещающие коммерсантам называть товары экологически чистыми без достаточных на то оснований, так как знаком «экологически чистый продукт» могут прикрываться и маскироваться сомнительная чистота товара, его недоброкачественность и даже вредность. Вольное обращение с терминологией рекламного характера недопустимо и весьма опасно. Оно может обернуться экологической катастрофой – заболеваемостью и смертностью людей. Эндемии, обусловленные потреблением недоброкачественных продуктов питания, зарегистрированы во многих странах мира. Так, к примеру, в Российской Федерации и странах СНГ зарегистрированы случаи массовых отравлений людей при потреблении ими загрязненных пестицидами пищевых продуктов.

Источники загрязняющих веществ и их состав

В настоящее время под *загрязнением* понимают процесс привнесения в среду или возникновение в ней новых, не характерных для нее физических, химических, биологических агентов, оказывающих отрицательное воздействие на биоту, в том числе человека. *Загрязненность* – это уровень концентраций загрязняющих веществ или уровень физических либо каких-либо других воздействий на окружающую среду. К основным видам загрязнений относятся: *физическое* (солнечная радиация, электромагнитное излучение, шум, вибрации и т.д.), *химическое* (органические соединения, тяжелые металлы, нефтепродукты и т. д.), *биологическое* (отходы микробиологической промышленности, бактериальное загрязнение и др.).

Основными путями загрязнений экосистем являются воздушные выбросы загрязняющих веществ и их сброс в водоемы со сточными водами. С потоками воздуха и воды эти вещества распространяются на значительные территории. Из воздуха они оседают на поверхности почвы, растений, затем проходят по пастбищным (почва – растение – фитофаг – хищник и т. д.) и детритным (отмершее растительное вещество – сапрофаг – хищник) трофическим цепям, где происходит их перераспределение, накопление и превращение. Загрязняющие вещества оказывают также непосредственное влияние на живые организмы в

процессе дыхания, действия радиоактивного излучения и др.

Наибольшее количество загрязняющих веществ в атмосферу выбрасывают автотранспорт (33,4 %), энергетическая промышленность (15,3 %), цветная (11,2 %) и черная (8,3 %) металлургия, предприятия транспорта (6,3 %). Максимальные объемы загрязняющих сточных вод сбрасывают в водоемы жилищно-коммунальные хозяйства (13,0 %), целлюлозно-бумажная (7,4 %), химическая и нефтехимическая (6,2 %), энергетическая (4,5 %) промышленность.

Среди выбросов веществ в атмосферу промышленностью преобладают жидкие и газообразные вещества (82,4 %), в частности оксиды серы (34,0 %), углерода (23,2 %), азота (9,5 %), аммиак, серная кислота, углеводороды, бензин, сажа. В России от стационарных источников в атмосферу ежегодно выбрасывается около 6 млн т диоксида серы и 2 млн т диоксида азота. В сбрасываемых промышленностью сточных водах больше всего водорастворимых солей, включая соли тяжелых металлов, хлориды, сульфаты. Выбросы предприятий транспорта по составу сходны с промышленными. В выхлопных газах автотранспорта выявлено около 200 веществ, среди которых преобладают оксид углерода, в выбросах жилищно-коммунального хозяйства – водорастворимые соли, сажа, сельского хозяйства – минеральные соли, сульфаты, хлориды.

Вторым по мощности источником антропогенных органических загрязнителей служит промышленное производство. Базовым продуктом основного органического синтеза является *этилен*. На его основе вырабатывается почти половина всех органических веществ. В результате действия этилена на некоторые клеточные структуры происходит снижение интенсивности обменных процессов, замедление роста, опадение листвы, переход растений в состояние покоя.

В индустриально развитых странах на долю потерь используемых в промышленности растворителей приходится 20-25 % общей эмиссии углеводородов. Среди них преобладают летучие галогенуглеводороды. Окисление реакционно-способных органических соединений также приводит к образованию озона – сильнейшего фитотоксиканта и мутагена. Его концентрация увеличивается за счет взаимодействия техногенных оксидов азота с фитогенными непредельными углеводородами.

Токсикация экосистем Земли происходит многими органическими и неорганическими веществами. Кроме газообразных неорганических соединений, тяжелых металлов и радионуклидов к ним следует добавить многие тысячи органических веществ, преимущественно синтетического происхождения. К основным токсикантам, поступающим в живые организмы, в частности в организм человека, и имеющим высокую токсичность, относятся:

- газообразные неорганические соединения и кислоты;
- тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, олово, цинк, медь и

др.);

- радионуклиды;
- полициклические ароматические и хлорсодержащие углеводороды;
- диоксины;
- пестициды и их метаболиты, включая дефолианты, десиканты;
- регуляторы роста;
- нитраты, нитриты и нитрозосоединения;
- антибиотики, сульфаниламиды, нитрофураны, гормональные препараты;
- микотоксины и др.

Во второй половине XX в. большую актуальность приобрело биологическое загрязнение окружающей среды. *Биологическим загрязнением* называют привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов, а также естественное или искусственное проникновение в используемые человеком экосистемы и технологические устройства организмов, чуждых данным экосистемам. Биологическое загрязнение является следствием антропогенного воздействия на окружающую среду. Один из видов биологического загрязнения – выбросы предприятий микробиологического синтеза.

Опасность биологического загрязнения связана также с вероятностью производства рядом стран *биологического оружия*. Его можно получить в обстановке полной секретности в небольших лабораториях.

К новым видам биологического загрязнения относится *генетическое загрязнение* окружающей среды, связанное с развитием генной инженерии и ее широким использованием в сельском хозяйстве.

Тяжелые металлы

К тяжелым относятся металлы, плотность которых выше 5 г/см³. По содержанию в животных и растениях они входят преимущественно в группу микроэлементов (10⁻³-10⁻⁵ %).

Тяжелые металлы попадают в окружающую среду двумя основными путями: 1) вместе со сбросами промышленных предприятий;

2) в результате работы автотранспорта, а также с орошаемыми сточными водами, удобрениями, пестицидами.

Орошение сточными водами приводит к загрязнению почв такими микроэлементами, как В, Ва, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Sr, Zn и др. С фосфорными удобрениями на поля вносят As, В, Ва, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb, V, Zn; при известковании – Ва, Cd, Cu, F, Hg, Mn, Pb, Sr, Zn; с азотными удобрениями – As, Br, Cd, Cr, Co, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn; с органическими – As, Ва, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Zn; с пестицидами – As, Br, Cr, Cu, Hg, Pb, V, Zn.

За счет антропогенных загрязнений концентрация кадмия в окружающей среде почти в 9 раз, меди – в 3, никеля – в 2, свинца – более чем в 18, цинка – в

7 раз превышает их содержание в естественных условиях.

Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями и эрозии. Первый период полуудаления тяжелых металлов (двукратное снижение начальной концентрации) значительно варьирует для различных элементов и составляет для Zn-70-310, Си-310-1500, Cd-13-110, Рb-740-5900 лет.

Тяжелые металлы поступают в растения из почвы. Животные и человек получают их с пищей. В связи с этим концентрация тяжелых металлов в растениях в значительной мере зависит от их содержания в почве, а в теле животных – от их количества в пище. Животные поглощают только подвижные формы элементов, поэтому концентрация загрязнителя в животных будет отражать фактическую загрязненность экосистемы, а не потенциальную, которую получают при определении концентрации загрязнителя в почве или растениях.

Свинец. Свинец (Pb) широко распространен в земной коре ($1,6 \cdot 10^{-3} \%$). В почвах обычно содержится от 2 до 200 мг свинца на 1 кг. Со времен Древнего Рима его применяют при прокладке водопроводов. В настоящее время свинец используют при этилировании бензина, в производстве электрических кабелей, свинцовых аккумуляторов, в химическом машиностроении, атомной промышленности (для защиты от γ -излучения), производстве пластмасс, хрусталя, эмалей, замазок, лаков, спичек и т. д. Мировое производство свинца достигло 6 млн. т. в год. В результате производственной деятельности в природные воды ежегодно попадает 500-600 тыс. т свинца, а через атмосферу на поверхность земли оседает около 400 тыс. т этого металла. В воздух основная часть свинца (260 тыс. т) выбрасывается с выхлопными газами автотранспорта, меньшая (30 тыс. т) – при сжигании каменного угля. Содержание Pb в воздухе в значительной мере зависит от использования бензина с добавлением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора. В настоящее время в России только 25 % бензина производится без добавления тетраэтилсвинца. Ежегодный прирост содержания Pb в воздухе – 5 %, а каждые 14 лет его количество в воздухе удваивается. Загрязнение окружающей среды происходит также при выплавке свинца и при сбросе вод из рудников. Накопление Pb на полях происходит за счет орошения сточными водами, внесения удобрений, в основном фосфорных, в меньшей степени азотных, органических, за счет известкования. Использование пестицидов, содержащих свинец, может непосредственно привести к увеличению его содержания во фруктах и овощах, а при достаточно длительном применении таких пестицидов свинец поступает в продукты и из загрязненной почвы.

Жестяные банки, в которых производят от 10 до 15 % пищевых продуктов, – основной источник поступления в них свинца. Свинец попадает в продукт из свинцового припоя в швах банки. Установлено, что около 20 % свинца

в ежедневном рационе людей (кроме детей до 1 года) поступает из консервированной продукции, в том числе 13-14 % из припоя, а остальные 6-7 % – из самого продукта. В последнее время с внедрением новых методов пайки и закатки банок содержание свинца в консервированной продукции уменьшается.

Около 10 % поглощенного с пищей, водой и воздухом свинца абсорбируется в желудочно-кишечном тракте.

Кадмий. Кадмий (Cd) – один из самых опасных токсикантов внешней среды. Обозначение химического символа кадмия – Cd в англоязычной литературе расшифровывается как cancer disease (раковое заболевание) (игра слов). Длительное воздействие поступающего в легкие с табачным дымом оксида кадмия вызывает рак легких. Табак больше, чем другие растения, накапливает соли кадмия из почвы (до 2 мг/кг). Допустимое содержание кадмия в основных продуктах питания во много раз меньше. В рыбе оно составляет 0,1 мг/кг; мясе – 0,05; овощах и фруктах – 0,03; хлебе – 0,02; молоке – 0,01 мг/кг. Содержание кадмия в земной коре невелико ($8 \cdot 10^{-6}$ %). В воздух Cd, как и свинец, поступает при сжигании угля, нефтепродуктов, природного газа на теплоэлектростанциях, с газовыми выбросами предприятий, производящих или использующих кадмий, при орошении сточными водами, внесении в почву фосфорных, азотных и органических удобрений. Попадая с неочищенными стоками промышленных предприятий в природные водоемы, растворенный Cd осаждается и накапливается в донных отложениях. Наряду со свинцом и ртутью кадмий не относится к жизненно необходимым металлам. Будучи аналогом цинка, Cd способен замещать этот элемент в цинксодержащих ферментах с потерей их ферментативных свойств.

Наиболее чувствительны к кадмию бобовые культуры, шпинат, редис, морковь, овес. У поврежденных под действием кадмия растений отмечены побурение краев листьев, хлороз, покраснение жилок и черешков, скручивание листьев, побурение и нарушение развития корней.

Кадмий медленно выводится из организма. Период его полувыведения составляет более 10 лет. Достаточное количество железа в крови, по-видимому, тормозит аккумуляцию кадмия. Как противоядие при отравлении кадмием действуют высокие дозы витамина D.

Установленное ВОЗ допустимое поступление кадмия для взрослых людей – 500 мкг в неделю, т. е. допустимое суточное потребление (ДСП) – 70 мкг/сут, а допустимая суточная доза (ДСД) – 1 мкг/кг массы тела.

Ртуть. Ежегодно в мире получают более 10 тыс. т ртути (Hg). Из них примерно 25 % используют для производства электродов, необходимых при получении хлора и щелочей, 20 – электрического оборудования, 15 – красок, 10 – ртутных приборов, таких, как термометры, 5 – зеркал и 3 % – в качестве ртутной амальгамы при лечении зубов. Еще около 25 % производимой ртути ис-

пользуют в других отраслях промышленности: при получении детонаторов, катализаторов (например, для производства ацетальдегида и поливинилхлорида), в производстве бумажной пульпы, фармацевтических и косметических средств, в агрохимии, а также в военных целях.

Высокой токсичностью обладают пары ртути и ее соединения, которые поступают в организм через дыхательные пути, слизистые оболочки, неповрежденную кожу. Сама жидкая ртуть не обладает выраженными токсическими свойствами. Пары ртути поражают нервную систему, наблюдаются быстрая утомляемость, повышенная возбудимость, ухудшение памяти, головные боли, дрожание конечностей.

Ртуть аккумулируют планктонные организмы (например, водоросли), которыми питаются ракообразные. Последних поедают рыбы, а рыб – птицы. Концевыми звеньями пищевых цепей нередко бывают чайки и орланы. Человек может включаться в пищевые цепи на любом этапе и, в свою очередь, тоже становится концевым звеном; большей частью это происходит в результате потребления рыбы. В водной пищевой цепи концентрация метил-ртути от звена к звену увеличивается, так как метилртуть растворима в жирах, она легко переходит из воды в живые организмы. Если в основных пищевых продуктах содержание ртути менее 60 мкг на 1 кг продукта, то в пресноводной рыбе из загрязненных рек и водохранилищ оно составляет от 100 до 200 мкг/кг массы тела, а из загрязненных – 500-700 мкг/кг.

Содержание ртути в рыбах, обитающих в природных водоемах, считают равным 0,1-0,2 мг/кг. ВОЗ предложила считать предельно допустимой концентрацией 0,5 мг/кг; эта величина, вероятно, завышена.

Отказ от питания рыбой тоже не служит надежной защитой от поступления в организм ртути, поскольку рыбную муку используют в качестве корма для сельскохозяйственных животных и птицы. Даже растительные продукты могут быть источником ртути, поскольку средства для улучшения структуры почвы, добавляемые в компост, могут содержать ртуть.

Допустимое недельное поступление ртути не должно превышать 0,3 мг на человека, в том числе метилртути не более 0,2 мг.

Мышьяк. Мышьяк (As) широко распространен в окружающей среде. Он встречается почти во всех почвах. Мировое производство мышьяка составляет приблизительно 50 тыс. т/год. В последнее время производство мышьяка каждые 10 лет возрастает на 25 %. Мышьяк применяется в металлургии при получении некоторых сплавов для увеличения твердости и термостойкости сталей. В химической промышленности мышьяк используется в производстве красящих веществ, а также стекла и эмалей.

Мышьяк присутствует почти во всех пресных водах. Однако содержание его в питьевой воде из различных источников определяется природой залегаю-

щих пород. В некоторых геологических формациях залегает арсенопирит, который является источником мышьяка в пресных водах и приводит к увеличению его концентрации до 0,5-1,3 мг/л. Регулярное использование таких вод в домашнем хозяйстве может привести к избыточному поступлению мышьяка в организм и вызвать симптомы хронического отравления мышьяком.

В результате широкого распространения в окружающей среде и использования в сельском хозяйстве мышьяк присутствует в большинстве пищевых продуктов. Обычно его содержание в них невелико – менее 0,5 мг/кг – и редко превышает 1 мг/кг, за исключением некоторых морских организмов, которые аккумулируют этот элемент. При отсутствии значительных загрязнений содержание мышьяка в хлебных изделиях составляет до 2,4 мг/кг, фруктах – до 0,17, напитках – до 1,3, мясе – до 1,4, молочных продуктах – до 0,23 мг/кг. В морепродуктах содержится больше мышьяка, обычно на уровне 1,5-5,3 мг/кг.

Мышьяк может вызвать как острые, так и хронические отравления. Острые отравления хорошо известны судебным криминалистам. Хронические отравления мышьяком проявляются в прогрессирующем похудании, острых болях в конечностях, нарушении памяти, речи, развитии психозов, нарушении кожной чувствительности, развитии дерматитов, поражении печени.

Хроническое отравление мышьяком и его соединениями возникает при длительном употреблении питьевой воды с содержанием 0,3-2,2 мг/л мышьяка и приводит к потере аппетита и снижению массы тела, желудочно-кишечным расстройствам, периферийным неврозам, конъюнктивиту, гиперкератозу и меланоме кожи. Меланома возникает при длительном воздействии мышьяка и может привести к развитию рака кожи. Разовая доза мышьяка 30 мг смертельна для человека.

Цинк. Мировое производство цинка (Zn) составляет 5,5 млн т/год. В течение многих веков цинк использовался главным образом для получения латуни, которая широко применяется для изготовления кухонной утвари и оборудования пищевых предприятий. Оксид цинка применяется при производстве резины и белого пигмента, а также электрических батареек.

Цинк присутствует во многих пищевых продуктах, особенно растительного происхождения, и напитках. В настоящее время установлено, что человеку с пищей необходимо получать цинк. Во многих странах существуют рекомендации по суточной норме потребления этого металла. Цинк участвует в ряде важных биологических процессов, особенно ферментативных. Однако избыток цинка оказывает токсическое воздействие на организм.

Вдыхание окиси цинка вызывает развитие «литейной лихорадки». При этом появляется сладкий вкус во рту, затем через несколько часов развиваются озноб, общее недомогание, головная боль, сухой кашель, загрудинные боли, температура тела повышается до 39-40 °С. Поступающие с пищей токсические

дозы солей цинка действуют на желудочно-кишечный тракт. Это приводит к острому, но излечимому заболеванию, сопровождающемуся тошнотой, рвотой, болями в желудке, коликами и диареей. При приготовлении пищи с повышенной кислотностью нежелательно использовать емкости с цинковым покрытием, так как при этом металл может растворяться. Поступление цинка в организм человека в дозе 6 г/сут может привести к летальному исходу.

ПДК цинка в основных пищевых продуктах в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 составляет в печени рыб, яичном порошке 200 мг/кг; мясе, яйцах, сырах, зерне, крупах, муке, шоколаде – 50-70; рыбе, твороге, хлебе, кондитерских изделиях – 30-40; овощах, фруктах, поваренной соли, грибах – 10-20; молоке, питьевой воде – 5 мг/кг. ПДК оксида цинка в воздухе – 0,5 мг/м³.

Железо. Железо занимает важное место в практической деятельности людей. Без него не было бы цивилизации. Его используют больше других металлов в виде сплавов или в чистом виде. В развитии человечества был так называемый железный век. В настоящее время потребность в металле не снизилась, а даже возросла. Основным источником получения железа являются природные руды: гематит, магнетит, лимонит и сидерит.

Почти все пищевые продукты содержат железо в самых разных количествах. Железо является необходимым микроэлементом. Служба здравоохранения Великобритании рекомендует потребление железа с пищей мужчинам 10 мг/сут, а женщинам 12 мг/сут.

Несмотря на то что поглощение железа тщательно регулируется содержанием металла в организме, иногда оно может поглощаться в избыточном количестве. В результате этого металл накапливается в организме. При повышенном содержании железа в воздухе развивается болезнь сидероз, происходят значительные патологические изменения в легочной ткани, обнаруживаемые рентгенологически. У детей после случайного приема 0,5 г железа или 2,5 г сульфата железа наблюдалось состояние шока. *Концентрация железа 7-35г/сут является летальной для человека, 200 мг/сут – токсичной.*

Поэтому гигиеническими нормами предусматривается контроль содержания железа в пищевой продукции. Загрязнение пищевых продуктов железом может происходить через сырье, при контакте с металлическим оборудованием и тарой, что обуславливает соответствующие меры профилактики.

Химические средства защиты растений

В настоящее время в мире ежегодно применяют около 3,2 млн. т. пестицидов (в среднем по 0,5 кг на одного жителя планеты). *Пестициды* – общее наименование всех химических соединений, которые применяют в сельском хозяйстве для защиты культурных растений от вредных организмов. В качестве пестицидов используют около 900 активных химических соединений, входя-

щих в состав 60 тыс. препаратов. Ими обрабатывают более 4 млрд га земли.

Большую часть средств защиты растений составляют гербициды. В Европе на их долю приходится 55-70 % общего объема пестицидов. В общем объеме загрязнителей биосферы Земли пестициды занимают 8-9 места. Это определяет высокую экологическую опасность пестицидов для экосистем суши и здоровья человека. По данным ООН, ежегодно почти у 1 млн человек регистрируют отравления пестицидами, из них около 40 тыс. человек погибают, что составляет 2,6 % общего числа погибших от отравлений химическими соединениями.

Фунгициды. Химические средства защиты растений от грибных болезней (фунгициды) применяют для обработки растений в период вегетации, обработки семян, внесения в почву, искореняющих ранневесенних опрыскиваний, фумигации. Среди них к биопрепаратам относятся около 10%, протравителям – около 30%, почвенным фунгицидам и фумигантам – около 4 % общего количества фунгицидных препаратов. Они оказывают защитное (профилактическое), лечебное и иммунизирующее действие.

Защитные (профилактические) фунгициды применяют в основном для предупреждения заражения или распространения заболеваний растений в соответствии с прогнозами появления болезни. Они предотвращают развитие возбудителя болезни при контакте с ним, образуя защитные пленки на листьях защищаемых растений.

Лечебные фунгициды уничтожают возбудителей болезней, уже проникших в растительные ткани. Эта группа фунгицидов вызывает угнетение или гибель патогена уже после того, как произошло заражение растений. Их эффективность тем выше, чем меньше времени прошло от момента заражения растений до обработки, поэтому обработку растений фунгицидами рекомендуется проводить при первых признаках появления болезни.

Гербициды. Химические средства борьбы с сорной растительностью — гербициды – могут быть *избирательного* и *сплошного* действия. Первые уничтожают растения, относящиеся к отдельному классу (однодольные, двудольные), жизненной форме (однолетние, многолетние корневищные, корнеотпрысковые), семейству (злаки), виду (овсюг, пырей, виды осота); вторые – любую растительность. Это деление в значительной мере условно. Многие гербициды с увеличением дозы утрачивают свою избирательность. По способу проникновения гербициды делят на *контактные*, поражающие растения в местах контакта с ними, и *системные*, способные передвигаться по проводящей системе. По условиям применения гербициды делят на *почвенные*, или *довсходовые* (их вносят в почву или на ее поверхность до посева или после посева культуры до появления всходов), и *листовые*, или *послевсходовые*.

По механизму действия на сорняки гербициды делят на четыре основные группы:

- ингибиторы фотосинтеза. Проникают в хлоропласты растений, препятствуют захвату электронов в фотосистеме I и их переносу к фотосистеме II (триазины, производные мочевины);
- оказывают влияние на дыхание растений, подавляя синтез АТФ (динитрофенолы, галогенфенолы);
- ингибиторы митоза (карбаматы, динитроанилины);
- регуляторы роста растений. Действуют аналогично фитогормонам ауксинам. Ускоряя рост растений, приводят к их истощению и гибели (арилоксиалкилкарбоновые и арилкарбоновые кислоты).

Удобрения. Применение удобрений в сельском хозяйстве имеет важное значение для управления плодородием почв, повышения урожайности и пищевой ценности сельскохозяйственных культур. Внесение удобрений создает активный баланс питательных веществ (N, P, K) в земледелии, способствует повышению урожайности, улучшению круговорота биогенных элементов. Нарушение агрохимических и гигиенических регламентов применения удобрений приводит к чрезмерному накоплению их в почве, растениях, они загрязняют продовольственное сырье и пищевые продукты, оказывая тем самым токсическое действие на организм человека. Возрастающие объемы применения минеральных удобрений могут нарушать природные циклы круговорота веществ, способствуют эвтрофикации водоемов, обострению проблемы нитратов.

Загрязнение веществами и соединениями, применяемыми в животноводстве

С целью повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, профилактики заболеваний, сохранения доброкачественности кормов в животноводстве широко применяются различные кормовые добавки, лекарственные и химические препараты: *аминокислоты, минеральные вещества, ферменты, антибиотики, транквилизаторы, антибактериальные вещества, антиоксиданты, ароматизаторы, красители* и т. д. Многие из них являются чужеродными для организма человека веществами, поэтому их остаточное содержание в мясе, молоке и жирах может отрицательно влиять на здоровье человека.

Антибактериальные вещества. Антибиотики (АБ). Относятся наряду с сульфаниламидами и нитрофуранами к антибактериальным веществам, которые интенсивно применяются в ветеринарии и животноводстве для ускорения откорма, профилактики и лечения эпизоотических заболеваний, улучшения качества кормов, их сохранности и т. д.

Антибиотики – это органические вещества, образуемые преимущественно грибами и актиномицетами в процессе их жизнедеятельности и подавляющие развитие вирусов, простейших, бактерий, других грибов.

По химическому строению все описанные АБ относятся к ациклическим,

алициклическим, ароматическим, азот- и кислородсодержащим гетероциклическим соединениям, хинонам, пептидам. По своим свойствам и проникновению в ткани АБ делятся на *кислые*, *амфотерные* и *основные*. Особенно быстро проникают в ткани живых организмов антибиотики кислой природы (пенициллин), медленнее – амфотерные (тетрациклин), медленно – основные (стрептомицин).

Синтез микроорганизмами антибиотиков – одна из форм проявления антагонизма; воздействуя на постороннюю микробную клетку, АБ вызывают нарушение в ее развитии. Некоторые из антибиотиков способны подавлять синтез оболочки бактериальной клетки в период размножения, другие воздействуют на ее цитоплазматическую мембрану, изменяя проницаемость, часть из них является ингибиторами реакций обмена веществ. В настоящее время нашли практическое применение около 200 АБ. Основным недостатком АБ – возникновение у патогенов устойчивости к ним. Запрещено использовать в сельском хозяйстве АБ, применяемые в медицине.

Кормовые АБ применяют в виде неочищенных препаратов, которые представляют собой высушенную биомассу продуцентов, содержащую помимо АБ аминокислоты, ферменты, витамины группы В и другие биологически активные вещества. Все производимые кормовые АБ не используются в терапевтических целях и не вызывают перекрестной устойчивости к антибиотикам, применяемым в медицине.

АБ добавляют, как правило, в корм животных на уровне 50-200 г на 1 т. Около половины производимых в мире антибиотиков применяют в настоящее время в животноводстве. Для кормовых и ветеринарных целей используют более 70 наименований препаратов АБ (табл. 7).

АБ способны переходить в мясо, молоко животных, яйца птиц, другие продукты и оказывать токсическое действие на организм человека. Положение усугубляется существованием R-плазмидной (внехромосомной) передачи лекарственной устойчивости в организме как людей, так и животных. R-фактор обладает способностью переносить от бактерии к бактерии устойчивость к множеству АБ сразу и, что особо опасно, делает возможным передачу резистентности от непатогенных бактерий к патогенным видам, например от *Streptococcus faecalis* к *S. aureus*, от *Escherichia coli* к *Salmonella* или *Shigella*. Существование внехромосомной передачи лекарственной устойчивости (возможно, и других ее видов) может быть причиной снижения терапевтического эффекта АБ и возникновения болезней, связанных с инфекциями.

АБ, содержащиеся в пищевых продуктах в количествах, превышающих допустимые нормы, могут оказывать аллергическое действие. Наиболее сильными аллергенами являются *пенициллин* и *тилозин*. Следовательно, необходим эффективный контроль за применением АБ в ветеринарии и животноводстве, а

также за их остаточным количеством в продуктах питания.

При оценке содержания АБ в корме, продовольственном сырье и пищевых продуктах недостаточно ориентироваться на общетоксикологические критерии, поскольку оценка порога вредного действия АБ на организм затруднительна. Необходимо использовать новые гигиенические подходы нормирования: изучение сенсibiliзирующего действия на организм продуктов, контаминированных АБ или их метаболитами; определение качественного и количественного сдвига кишечного микробиоценоза; анализ обсемененности продуктов и кормов антибиотико-резистентной микрофлорой с множественной устойчивостью.

В настоящее время действует специальная инструкция по применению АБ при выращивании и откорме сельскохозяйственных животных.

Допустимые уровни содержания АБ в продуктах питания регламентируются медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества. Не допускается содержание антибиотиков в мясе, молоке, молочных продуктах, яйцах, растениеводческой продукции.

АБ могут быть природными компонентами в пищевых продуктах или попадать в них в результате технологических процессов, например при созревании сыров. Эти АБ в небольших количествах полезны для человека, определяют в ряде случаев вкусовые и диетические свойства продукта.

Таблица 7 - Кормовые препараты бацитрацин и гризин

| Животные | На 1 т премикса в % чистого вещества | | На 1 т комбикорма в % чистого вещества | |
|------------------------------|---|--------|---|--------|
| | бацитрацин | гризин | бацитра- | гризин |
| Поросята (сосуны и отъемыши) | 5000 | 1200 | 55 | 12 |
| Свиньи | 2000 | 250 | 20 | 2,5 |
| Телята | 6000 | 750 | 60 | 7,5 |
| Молодняк | | | | |
| крупного рогатого скота | 4000 | 500 | 40 | 5,0 |
| овец | 3000 | 350 | 30 | 3,5 |
| Овцы на откорме | 2000 | 250 | 20 | 2,5 |
| Куры | | | | |
| цыплята | 2000 | 250 | 20 | 2,5 |
| несушки | 2000 | - | 20 | - |
| Утки | | | | |
| молодняк | 1500 | 200 | 15 | 2,0 |
| взрослые | 1000 | 200 | 10 | 2,0 |
| Гуси | | | | |
| гусята до 20 дней | 1500 | 200 | 15 | 2,0 |

| | | | | |
|----------|------|---|----|--|
| взрослые | 2000 | - | 20 | |
|----------|------|---|----|--|

Примечание. Гризин относится к антибиотикам группы стрептотрицинов слабого токсического действия, бацитрацин – к полипептоидным антибиотикам, оказывает ростостимулирующее действие.

Сульфаниламиды. Оказывают антимикробное действие. Они менее эффективны, чем антибиотики, однако сульфаниламиды более доступны и дешевы для борьбы с инфекционными заболеваниями скота и птицы.

Концентрация сульфаниламидов в кормах достигает десятков миллиграммов на 1 кг. Они способны накапливаться в организме животных и птицы, загрязнять молоко, мясо, яйца, мед и продукты, изготовленные из них.

С целью снижения остаточного количества сульфаниламидов в сырье рекомендуют строго соблюдать сроки их использования, которые устанавливают в зависимости от вида лекарства, способа его применения, вида животного и производимого продукта питания. Наиболее часто обнаруживают следующие сульфаниламиды: *сульфаметазин, сульфахиноксазолин, сульфадиметоксин.*

В нашей стране содержание сульфаниламидов в пищевых продуктах и продовольственном сырье не регламентируется медико-биологическими требованиями и должно быть предметом изучения. В США допустимый уровень загрязнения мясных продуктов большинством препаратов из класса сульфаниламидов составляет менее 0,1 мг/кг, в молоке и молочных продуктах — 0,01 мг/кг. Остатки таких соединений, как сульфапиридин и сульфаметазин, не разрешены.

Гормональные препараты (ГП). Использовались в ветеринарии и животноводстве для стимуляции роста животных, улучшения усвояемости кормов, многоплодия, регламентации сроков беременности, ускорения полового созревания и т.д. Ряд ГП обладает выраженной анаболической активностью, применяется в этой связи для откорма скота и птицы: полипептидные и белковые гормоны (инсулин, соматотропин и др.); производные аминокислот — тиреоидные, стероидные гормоны, их производные и аналоги.

Естественным следствием применения ГП в животноводстве явилась проблема загрязнения ими продовольственного сырья и пищевых продуктов.

С развитием науки были созданы многие ГП, которые по анаболическому действию эффективнее природных гормонов в 100 раз и более. Этот факт, а также дешевизна их синтеза определили интенсивное внедрение этих препаратов в практику животноводства. Это, например, *диэтилстрिल्бэстрол, синэстрол, диенэстрол, гексэстрол* и др. Однако в отличие от природных аналогов многие синтетические ГП оказались более устойчивыми, плохо метаболизируются и накапливаются в организме животных в больших количествах,

мигрируя по пищевой цепочке в продукты питания. Следует отметить, что синтетические ГП стабильны при приготовлении пищи, способны вызывать нежелательный дисбаланс в обмене веществ и физиологических функций организма человека. Применение гормональных препаратов и других биокатализаторов требует проведения тщательных гигиенических исследований по их токсикологии, накоплению в клетках и тканях организма.

Медико-биологическими требованиями определены допустимые уровни содержания ГП в продуктах питания, мг/кг, не более: мясо сельскохозяйственных животных, птицы и продукты их переработки – эстрадиол 17 (3 и тестостерон соответственно 0,0005 и 0,015); молоко и молочные продукты, казеин – эстрадиол 17 (3 на уровне 0,0002), масло коровье – 0,0005 указанного ГП.

Многочисленными исследованиями доказана высокая токсичность и опасность половых гормонов при поступлении их в организм. В настоящее время они включены в состав загрязнителей окружающей среды. Соединения с эстрогенной активностью, не являющиеся натуральными женскими половыми гормонами, получили название *ксеноэстрогенов*. Под их действием наблюдается глобальное ухудшение репродуктивной функции мужчин и самцов животных – от рыб до млекопитающих, происходит прогрессирующая феминизация животного мира.

Азотсодержащие кормовые добавки. Длительное время в сельском хозяйстве применяли *мочевину*. В желудке жвачных она расщепляется до аммиака, который используется микроорганизмами для синтеза белка. Однако передозировка мочевины приводила к интоксикации и даже гибели крупного рогатого скота.

Перспективной кормовой добавкой является *полиакриламид*. Его кормовая ценность обеспечивается наличием NH_2 -группы.

Важное значение имеет производство *белково-витаминных концентратов (БВК)*, полученных путем микробиологического синтеза. Определены гигиенические требования к БВК, используемым в качестве кормовой добавки, %: влажность – не более 10; содержание общего азота – не менее 8; белка – не менее 48; нуклеиновых кислот – не более 8; липидов, полициклических углеводов – 5; остатков углеводов – не более 0,1; свинца, мышьяка – не более 5 мг/кг. БВК не должны содержать афлатоксины, патогенную микрофлору, живые дрожжевые клетки, непатогенной микрофлоры может быть не более 100 тыс. кл/г. Эти требования могут корректироваться в зависимости от состава БВК и их назначения.

Можно заключить, что систематическое употребление продуктов питания, загрязненных антибиотиками, сульфаниламидами, гормональными препаратами и другими чужеродными веществами, затрудняет проведение ветеринарно-санитарной экспертизы этих продуктов, ухудшает их качество, приводит

к возникновению резистентных форм микроорганизмов, является причиной различных форм аллергических реакций и дисбактериозов.

Применение лекарственных препаратов и кормовых добавок в ветеринарии, животноводстве и птицеводстве требует соблюдения определенных гигиенических правил, направленных на снижение загрязнения продовольственного сырья и пищевых продуктов. Представляется важным обеспечить необходимый контроль остаточных количеств загрязнителей в продуктах питания, использовать быстрые и надежные методы их анализа. Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена расширением поставок зарубежной продукции с весьма разнообразным спектром разрешенных там препаратов.

В качестве основных профилактических мероприятий следует отметить соблюдение гигиенических правил применения лекарственных средств и кормовых добавок, проведение дальнейших работ по изучению механизма их фармакологического действия и возможных отдаленных последствий. Немаловажное значение имеют накопление банка используемых препаратов, их идентификация, разработка достоверных методов их определения в продовольственном сырье и пищевых продуктах.

Силосный сок. При силосовании кормовых культур образуется силосный сок, выделяемый в основном в первые 20 дней от начала силосования. Из 1 м³ силосуемой массы образуется до 150 л сока с высоким содержанием вредных органических веществ. Концентрация этих веществ в нем, определяемая по биохимической потребности в кислороде (БПК₅), в среднем в 100 раз выше, чем в бытовых сточных водах. В силосном соке много микроэлементов, прежде всего марганца и железа. Установлено, что в случае попадания кукурузного силоса массой 1000 т в поверхностные воды загрязнение их эквивалентно загрязнению воды сточными водами от населенного пункта с 16,5 тыс. жителей. Загрязнение вызывается в основном органическим веществом (15-65 г/л) и азотом (2,8-6,12 г/л), входящими в состав силоса, на окисление которых требуется 10-60 г/л кислорода, что вредно для рыб.

Органические соединения и минеральные элементы усиливают биологическую активность в водной экосистеме, что приводит к повышению рН воды и уменьшению ее прозрачности. Биомасса разлагается аэробно, используя растворенный в воде кислород. В свою очередь, это ведет к преобладанию анаэробного разложения органических соединений с образованием сероводорода. Вода становится непригодной для рыбоводства. В ней развиваются автотрофные водоросли, после отмирания которых появляются популяции разрушающих организмов.

Особенно опасна инфильтрация силосного сока в грунтовые воды, которые могут аккумулироваться в колодцах. Инфильтрация его происходит чаще всего из необлицованных силосохранилищ. Облицованные силосохранилища

необходимо ежегодно красить специальным лаком с целью уплотнения их.

Для предотвращения загрязнения поверхностных вод силосным соком при накоплении в большом количестве необходимо его откачивать из силосохранилищ и собирать в отдельных емкостях водонепроницаемых сооружений. Им можно разбавлять бесподстилочный навоз перед использованием его на орошение.

Чтобы уменьшить образование силосного сока, а следовательно, и сократить потери питательных веществ в силосной массе, необходимо скошенные кормовые культуры перед закладкой в силосохранилища подвяливать. Для исключения вытекания силосного сока после выпадения атмосферных осадков рекомендуется силосохранилища укрывать полиэтиленовой пленкой.

Пестициды. Пестициды представляют угрозу не только перечисленным организмам, но и людям (рис. 5). Поэтому их часто называют биоцидами (т. е. действующими на различные формы организмов).

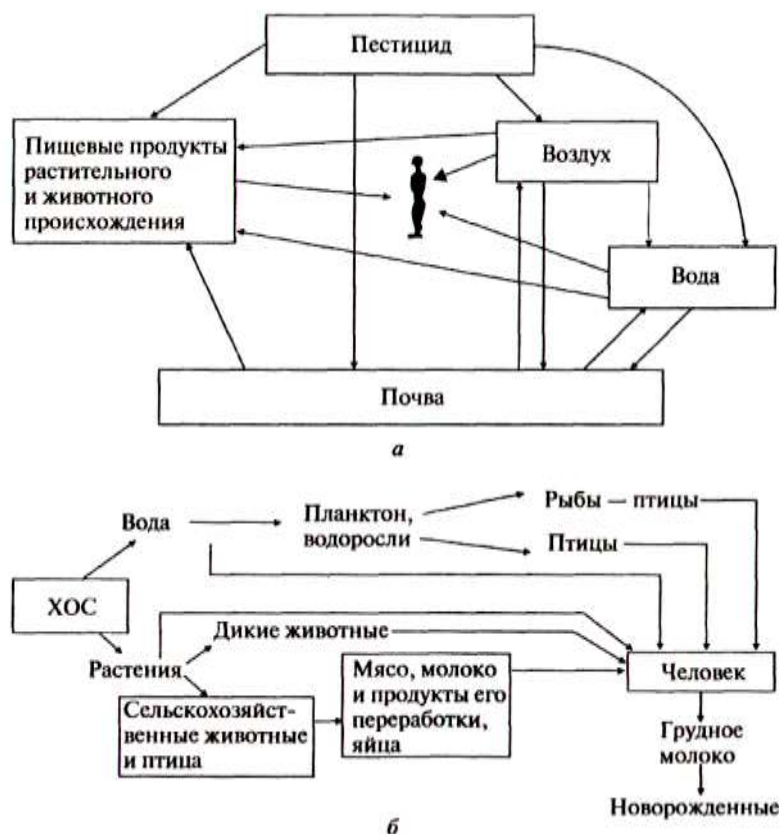


Рисунок 5 - Поступление пестицидов:

а - в организм человека; б — миграция и концентрация хлорорганических соединений (ХОС) в пищевых цепях

По массе использования пестицидов во всем мире на первом месте стоят гербициды (50-55 %), затем фунгициды (35-38 %), дефолианты (8-10 %), инсектициды (5-8 %), остальные пестициды в сумме составляют 2-3 %.

Сельскохозяйственное сырье и продукты питания загрязняются пестицидами прямым и косвенным путями. К прямым путям относится обработка:

- различных сельскохозяйственных культур для защиты от вредных насекомых, возбудителей заболеваний, сорной растительности;

- домашних животных, птиц в целях защиты от эктопаразитов (подкожный овод, блохи, вши, слепни и др.);

- хранящегося продовольственного и фуражного зерна, продуктов его переработки и других запасов продовольствия для защиты от амбарных вредителей;

- транспортируемых продуктов питания и сельскохозяйственного сырья.

Косвенные пути загрязнения продуктов пестицидами:

- транслокация в растения из почвы;

- загрязнение растений аэрогенным путем при рыхлении почвы;

- использование загрязненной пестицидами воды для повторных обработок растений и поения животных;

- скармливание сельскохозяйственным животным и птице кормов, содержащих остаточные количества химических средств защиты растений;

- обработка пестицидами лесных насаждений, где произрастают грибы, ягоды, обитает промысловая дичь;

- миграция пестицидов по пищевым цепям: растения → пчелы → человек, растения → животные → человек, вода → водные организмы → рыба → животные → человек.

Мировой опыт применения пестицидов свидетельствует о том, что они представляют потенциальную опасность для потребителей продуктов питания, особенно при неграмотном и безответственном использовании их.

Всего насчитывается более 1000 химических соединений, на основе которых выпускают десятки тысяч препаративных форм пестицидов.

Возбудители инфекционных болезней, общих для животных и человека

Почва – благоприятная среда для обитания и размножения различных микроорганизмов, характерных для окружающей среды. В состав таких биоценозов почвы входят бактерии, грибы, простейшие организмы и бактериофаги. Среди них имеются свободноживущие азотфиксирующие бактерии рода *Azoto-*

bacter, клубеньковые бактерии рода *Rhizobium*, нитрифицирующие бактерии, грибы, денитрифицирующие бактерии, уробактерии, серо- и железобактерии, актиномицеты, гнилостные бактерии и др. Перечисленные микроорганизмы участвуют в круговороте веществ, минерализации органических веществ и самоочищении почвы. Наиболее богаты микроорганизмами черноземные и каштановые почвы, а также сероземы. В 1 г таких почв содержатся десятки миллиардов микроорганизмов.

В состав микробных биоценозов почвы патогенные и условно патогенные микроорганизмы не входят. Как правило, срок их пребывания ограничен неблагоприятными для них условиями обитания, отсутствием необходимых питательных веществ, а также антагонизмом бактерий, грибов, актиномицетов и простейших организмов, обитающих в почве.

Однако почва занимает одно из первых мест среди компонентов окружающей среды как фактор передачи патогенных микроорганизмов по эпизоотической и эпидемической цепям.

От почвы как неотделимого компонента биогеоценозов, ландшафтов и природных зон могут загрязняться растения, вода, воздух. Поэтому с практической точки зрения в первую очередь важно знать сроки выживаемости в ней возбудителей заразных болезней животных и человека.

Основными экологическими факторами, определяющими жизнеспособность патогенных микроорганизмов в почве, являются температура, влажность, интенсивность и продолжительность инсоляции, рН и структура почвы, содержание в ней питательных и токсических веществ и т. д.

Установлено, что лептоспиры выживают в почве при ее влажности 69–70 % до 279 дней, при 5–14 % – не более трех дней. Жизнеспособность таких микроорганизмов в черноземной почве сохраняется на глубинах 0,5–5 см 320 дней, 10–20 см – до 420 дней. Супесчаная оподзоленная почва самоочищается от бруцелл (*Br. bovis*) через 258 дней, выщелоченный глинистый чернозем – через 12–75 дней, луговая глинистая – через 12–75 дней. Выживаемость микобактерий бычьего туберкулеза в разных почвах составляет 390–510 дней при сохранении патогенности этими бактериями в течение 300–480 дней. Микобактерии птичьего туберкулеза способны выживать в почвах 430–560 дней при сохранении патогенных свойств 240–490 дней.

Летом жизнеспособность возбудителей инфекционных болезней в почвах обычно ниже. К солнечному свету чувствительны лептоспиры, бруцеллы, микобактерии, сальмонеллы, бактерии группы кишечной палочки, споры клостридий и др.

Считается, что возбудители сибирской язвы, эмфизематозного карбункула, столбняка, газового отека, кишечных и других инфекций способны не только длительно сохраняться, но и размножаться в ней при определенных услови-

ях. По имеющимся данным, возбудитель сибирской язвы может выживать 50-60 лет. Наиболее активные очаги сибирской язвы регистрируют в местах с повышенной влажностью или заболоченностью, в поймах рек или вблизи ручьев.

Установлена прямая зависимость между уровнем заболеваемости человека и животных кишечными инфекциями и неудовлетворительным санитарным состоянием почвы.

Данные по выживаемости патогенных микроорганизмов в почве приведены в табл. 8.

Таблица 8 – Выживаемость патогенных микроорганизмов в почве

| Возбудители болезней | Срок выживаемости | |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| | средний, нед | максимальный, мес |
| Тифо-паратифозная группа | 2-3 | >12 |
| Дизентерийная палочка | 1,5-5 | 9 |
| Холерный вибрион | 1-2 | 4 |
| Палочка бруцеллеза | 0,5-3 | 2 |
| Палочка чумы | 0,5 | 1 |
| Палочка туляремии | 1-2 | 2,5 |
| Туберкулезные микобактерии | >13 | 7 |
| Вирус полиомиелита | — | 3—6 |

Большинство микроорганизмов непочвенного биоценоза адсорбируются частицами почвы, причем наибольшей адсорбционной способностью обладают черноземы. Грамположительные и подвижные микробы адсорбируются интенсивнее, чем грамотрицательные и слабоподвижные. Патогенные штаммы бактерий и вирусов адсорбируются интенсивнее непатогенных.

Адсорбированные почвой микроорганизмы могут входить в состав биоорганического комплекса почвы и участвовать в микробиологических процессах этой среды или постепенно утрачивать жизнеспособность и деградировать.

В естественном обеззараживании почвы участвует большое количество микроорганизмов и растений, воздействующих на чуждых для почвенных ценозов микробов своими метаболитами (энзимами, фитонцидами и др.).

Неадсорбированные в почве микроорганизмы в зависимости от их подвижности и условий в этой среде мигрируют по профилю дерна подзолистой почвы и могут распределяться в водонасыщенных грунтах. После орошения многолетних трав навозными стоками со среднегодовой оросительной нормой 250-320 м³/га (эквивалентно 200-300 кг/га азота) бактерии группы кишечной палочки мигрируют на глубину 1,7 м, при нагрузке 600 м³/га стоков (600 кг/га

азота) – на 2 м, энтерококки распределяются на глубину 3 м. За вневегетационный период грунтовые воды не очищаются полностью от энтерококков.

Для обеззараживания почвы, загрязненной неспоровой (вегетативной формой) микрофлорой, рекомендовано на ее поверхность наносить 20 %-ную взвесь свежегашеной извести, раствор хлорной извести, содержащий 2 % активного хлора, а также подогретые до 70-80 °С растворы ксилонафта (5 %-ный), гидроксида натрия (2 %-ный), керола или гудропола. При заболеваниях, вызываемых вирусами, для дезинфекции почвы используют 4 %-ный раствор гидроксида натрия. Для дезинфекции чернозема на глубину 25 см при неспорообразующей микрофлоре применяют сухую хлорную известь из расчета 4,8 кг на 1 м² площади. При этом почву перекапывают. Надежное обеззараживание достигается лишь через 10-12 сут.

Если смешанную с хлорной известью почву увлажнять водой (из расчета 12 л на 1 м²), то продолжительность обеззараживания можно сократить до 3 сут. Ограниченные участки почвы, обсемененные споровыми формами сибирской язвы на глубину до 40 см, можно обрабатывать смесью этилена и бромистого метила под синтетической пленкой. Для обеззараживания почвы, обсемененной споровыми формами сибирской язвы на глубину 40 см, рекомендуется расходовать жидкую смесь этилена и бромистого метила (1 кг при экспозиции 5 сут. или 0,5 кг при экспозиции 10 сут.).

Участки поверхности почвы, где пало животное, обеззараживают термическим способом, т. е. сжигают солому или обжигают их пламенем паяльной лампы. Почвогрунт на глубину проникновения выделений трупа сибиреязвенного животного перемешивают с сухой хлорной известью в соотношении 1:3.

В соответствии с ведомственными строительными нормами ВСН 33-2.2.01.-85 предусматривается выбор участка для строительства оросительных систем с использованием животноводческих стоков с учетом естественной защищенности подземных вод.

О присутствии в почве патогенных микроорганизмов судят по косвенному показателю – наличию санитарно-показательных микроорганизмов (бактерий группы кишечной палочки, перфрингенс из рода протесу и термофилов). Титр кишечной палочки загрязненных участков почвы от 10⁻³ до 1⁻⁵, а чистых – 1 и более.

Воздух. Состав микроорганизмов в воздухе непостоянен, что обусловлено недостатком в нем питательных веществ и влаги, более выраженным действием солнечной радиации и пр.

В воздухе обнаружено до 120 сапрофитных микроорганизмов различных видов: сенная, картофельная, капустная и грибовидная палочки; плесени – головчатая, кистевидная; дрожжи рода торула; актиномицеты, микрококки, стафилококки и др. Наибольшее содержание этих загрязнителей в воздухе обна-

ружено вблизи земной поверхности.

Самый чистый воздух в зоне полюса, над лесными массивами, морями, горами. Атмосфера значительно очищается от микроорганизмов во время дождя и снегопада.

В животноводческих и птицеводческих помещениях и в районах их влияния отмечается наиболее интенсивная обсемененность воздуха. Количество и состав микроорганизмов воздушной среды зависят от санитарно-гигиенического состояния помещений, плотности размещения животных, их состояния здоровья, а также от других факторов. Кроме сапрофитных микроорганизмов, в воздушной среде закрытых помещений могут встречаться патогенные микроорганизмы, в том числе микобактерии туберкулеза.

Кроме того, патогенные микроорганизмы, попадая в атмосферный воздух из почвы с пылью, выделениями людей и каплями аэрозолей, могут распространяться на значительное расстояние.

В пыли микобактерии туберкулеза, споры сибирской язвы, ботулизма, столбняка, стафилококки способны сохраняться длительное время. Однако сроки выживаемости микроорганизмов зависят не только от биологических свойств возбудителя, но и от влажности и температуры воздуха, интенсивности бактерицидного действия солнечных лучей и пр.

Выживаемость микробов в воздухе увеличивается при низких и особенно отрицательных температурах.

Солнечная радиация оказывает на микроорганизмы мутагенное и летальное действие. При этом кислород и оксид азота усугубляют влияние на них солнечной радиации.

В атмосферном воздухе, как и в других компонентах окружающей среды, могут изменяться видовые признаки и свойства (морфологические, биохимические, серологические) микроорганизмов, в результате чего возникают их атипичные формы. Такие микроорганизмы нередко вызывают атипичные, скрытые (латентные) инфекционные болезни, которые трудно диагностировать, и поэтому сложно разрабатывать мероприятия по их ликвидации.

В воздушной среде могут распространяться многие загрязнители, что не исключает отрицательного влияния их на живые организмы, в том числе на животных и человека.

В зависимости от источников загрязнения воздушного бассейна проводят воздухоохраные, в том числе правовые мероприятия.

14. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА КРУПНЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ И ПУТИ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ

Эксплуатация животноводческих ферм и комплексов выдвинула ряд серьезных проблем, связанных с охраной окружающей среды. При высокой концентрации поголовья скота на небольших по размерам территориях, новой технологии производства (бесподстилочное содержание животных, гидросмыв, обработка и утилизация навоза) осложняется решение вопросов охраны атмосферного воздуха, почвы, сельскохозяйственных культур и водоисточников от загрязнения отходами животноводства. Политика сокращения малых ферм и укрупнения колхозов и совхозов, форсированное создание крупных животноводческих комплексов с отставанием строительства очистных сооружений усилили как постоянное загрязнение, так и аварийные прорывы стоков и малые реки, озера, пруды, увеличили загрязнение грунтовых вод. Это усугубилось еще и тем, что крупные комплексы в большинстве случаев «унаследовали» территории ферм центральных усадеб, которые обычно располагались вблизи рек и озер, и в итоге даже простейшие территориальные регламентации по водоохраным и санитарным зонам оказались нарушенными. Сосредоточение скота «под одной крышей» вне предела этих зон также усилило негативное воздействие на окружающую среду. По расчету исследователей, одна свинья по количеству выделяемых отходов приравнивается к 21 человек-эквиваленту. Давно уже наступило время, чтобы зоотехнические и агрономические исследования были направлены на совместное решение проблем утилизации отходов животноводства. В частности, агрономические опыты с азотными удобрениями должны дополняться зоотехническими наблюдениями за состоянием здоровья животных и качеством молока и мяса. Это позволит дать объективную оценку применяемым технологиям на луговых угодьях с учетом наличия в кормах различных токсикантов. Исследования необходимо проводить в системе почва-растения-животное-качество животноводческой продукции.

Индустриализация животноводства предполагает применение определенных систем содержания животных, удаления и переработки навоза, требующих большого расхода воды. В технико-экономических обоснованиях проектов по строительству животноводческих комплексов для производства 1 т говядины и 1 т свинины планировалось расходовать соответственно 30-35 и 88-110 м³ чистой воды, вследствие этого явилось образование значительных объемов навозных стоков. Практически все очистные сооружения комплексов проектировались по типовым проектам 20-30-летней давности, что обеспечило 80 % степени очистки сточных вод и на тот период времени отвечало требованиям природоохранных контролирующих организаций. За 20 лет значительно повы-

сились требования к степени очистки. Более того, очистные сооружения животноводческих комплексов из-за низкой эффективности работы оборудования снизили показатели очистки.

В условиях концентрации значительного поголовья животных на ограниченной территории жидкие навозные стоки рассматриваются не только как органическое удобрение, но и как потенциальный источник загрязнения почвы, поверхностных и грунтовых вод, а также атмосферного воздуха. По данным Всемирной организации охраны здоровья, навозные стоки могут быть факторами передачи более 100 инфекционных и паразитарных заболеваний животных, в том числе опасных и для человека. Особенно неблагоприятны в этом отношении свиноводческие комплексы, обсемененные патогенной микрофлорой, которая продолжительное время сохраняет жизнеспособность и вирулентность.

Бытующее до недавнего времени мнение о чистоте атмосферного воздуха в сельской местности не отражает реальной действительности в районах размещения животноводческих комплексов, выделяющих в атмосферу огромное количество пыли, микроорганизмов, аммиака и других соединений, обладающих неприятным запахом.

Газовоздушные выбросы животноводческих и птицеводческих предприятий

Животноводческие предприятия являются источниками зловонных газов и пылемикробных аэрозолей. Основные загрязнители воздушной среды образуются при разложении кала, мочи и остатков корма. При этом из свиноводческих помещений выбрасывается в атмосферу 136 газов. В процессе распада белковых веществ в воздухе накапливаются аммиак и такие азотсодержащие газы, как алкил- и ариламины, алкилдиамины. Одновременно в атмосферу попадают слабокислые или нейтральные серосодержащие вещества: сероводород, алкилсульфиды (меркаптаны), дисульфиды, соединения карболовой кислоты (карболовые кислоты, альдегиды, кетоны), алканы (метан, этан) и др. Однако основными составляющими специфического запаха являются сероводород, аммиак, дикетоны, меркаптаны, сульфиды, органические кислоты, индол и скатол. Эти органические соединения, образующиеся при разрушении углеводов и аминокислот, даже после перегонки свежей жидкой фракции стоков свиноводческого комплекса придают дистилляту зловонный запах.

Вблизи свиноводческих предприятий в результате реакции аммиака и диоксида серы в атмосфере образуется сульфат аммония, который выпадает с осадками в почву, где разлагается на серную и азотные кислоты, повышая ее кислотность.

За рубежом еще в 80-е гг. прошлого века изучали объем выбросов загрязняющих веществ животноводческими предприятиями. Например, Институтом

ветеринарии в Ганновере (Германия) были проведены ориентировочные расчеты выбросов газов из свиноводческих помещений. Полученные данные свидетельствовали о том, что общее поступление загрязнителей атмосферного воздуха составляло 64 031 т в год. Институтом лугопастбищных угодий и животноводства в Беркшире (Англия) определен общий выброс аммиака из животноводческих помещений, который составлял 302 539 м³/год, в том числе 6,4 % из свиноводческих. В Нидерландах только при транспортировке навоза от животноводческих предприятий выброс аммиака в атмосферу достигал 6000 т/год.

Установлено, что глобальный выброс аммиака антропогенными источниками в начале 80-х гг. прошлого века составлял 6,4 млн т в год, в том числе 95 % сельскохозяйственными.

В нашей стране в 90-е гг. прошлого века появились сообщения о загрязненности атмосферного воздуха в районах размещения крупных животноводческих предприятий по производству свинины и говядины. От свиноводческого комплекса на 108 тыс. гол. свиней в год с вентиляционным выбросом поступало в атмосферу ежедневно 1,3 т аммиака, 0,5 т пыли и 7,7- 10¹⁰ микробных клеток. Высокая концентрация этих загрязнений сохранялась в воздухе на расстоянии до 150 м от свиноводческих помещений. При удалении на 2000 м от них бактериальная обсемененность воздушных масс достигала 4,1 тыс./м³. Характерную для животноводческих помещений микрофлору обнаруживали в воздухе на расстоянии до 3 км от предприятия, а специфический запах – до 5 км, при сильном ветре – до 10 км. От комплекса на 216 тыс. гол. свиней поступало летом за 1 ч в атмосферу 80 кг аммиака, 35 кг сероводорода, 28 кг пыли, 3 млрд. микробных клеток. С вентиляционными выбросами комплекса по выращиванию 3 тыс. нетелей в год в атмосферу выбрасывалось более 15 кг пыли и около 135 млрд. микроорганизмов в сутки.

Через систему вентиляции комплекса на 10 тыс. гол. молодняка крупного рогатого скота поступало в атмосферу ежедневно 57 кг аммиака, 2,1 т органических веществ и 1,3 трлн клеток микробов.

Приведенные данные характеризуют только организованные выбросы загрязнений.

Наиболее высокая концентрация загрязнителей в воздушной среде установлена при поступлении стоков на очистные сооружения, разделении их на фракции и над накопителями осадков (т. е. на первых этапах подготовки стоков). Показателем, определяющим интенсивность загрязнения воздушного бассейна, является не только концентрация загрязнителей воздушной среды, но и объем выбросов источниками загрязнения в теплое время (табл. 9).

Таблица 9 – Выбросы загрязнений в атмосферу

| Сооружения | Аммиак, г/с | Сероводород, г/с | Общее количество бактерий, кл/с | Бактерии группы кишечной палочки, |
|---|-------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Центральная насосная станция с приемным резервуаром | 0,0008 | 0,0053 | $1,0 \cdot 10^3$ | $2,8 \cdot 10$ |
| Цех разделения навозных стоков на фракции | 0,0345 | 0,2056 | $1,1 \cdot 10^5$ | $1,3 \cdot 10^3$ |
| Вертикальные отстойники жидкой фракции | 0,1594 | 0,3985 | $4,5 \cdot 10^4$ | $3,2 \cdot 10^3$ |
| Сооружения I ступени биологической очистки | 7,6020 | 1,2280 | $1,9 \cdot 10^6$ | $8,1 \cdot 10^4$ |
| Канализационная насосная станция | 0,0004 | 0,0122 | $1,3 \cdot 10^{10^3}$ | — |
| Сооружения II ступени биологической очистки | 1,6928 | 1,2352 | $6,5 \cdot 10^5$ | — |
| Приемники избыточного ила и осадка | 38,3775 | 1,6363 | $5,7 \cdot 10^6$ | — |
| Площадка компостирования твердой фракции | 4,4222 | 0,7133 | $5,7 \cdot 10^5$ | — |
| Пруд-накопитель осветленных стоков | 1118,8800 | 279,7200 | $1,8 \cdot 10^8$ | — |
| В целом по системе очистки | 1171,1696 | 285,1544 | $1,9 \cdot 10^8$ | $8,6 \cdot 10^4$ |

Из таблицы 14 следует, что объем выбросов загрязнений в атмосферу был выше на последних этапах подготовки стоков, что особенно характерно для пруда-накопителя осветленных стоков. От этого сооружения поступало в атмосферу 95 % загрязнений от общей их суммы, выбрасываемых очистными сооружениями в целом. Это можно объяснить большой площадью испарения пруда-накопителя осветленных стоков.

Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ очистными сооружениями комплекса на 108 тыс. гол. свиней в год в теплый период приведены в табл. 10.

Таблица 10 - Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ очистными сооружениями

| Сооружения | Аммиак, мг/с | | | | Сероводород, мг/с | | | |
|------------|---------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | одно животное | 1 ц живой массы | 1 м ³ исходного | 1 м ² площади сооружения | одно животное | 1 ц живой массы | 1 м ³ исходного навоза | 1 м ² площади сооружения |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Центральная насосная станция с приемным резервуаром | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0200 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0009 | 0,1325 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

Продолжение таблицы 15

| | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|--------|---------|---------|
| Цех разделения навоза на фракции | 0,0003 | 0,0005 | 0,0056 | 0,6900 | 0,0020 | 0,0030 | 0,0336 | 4,1120 |
| Вертикальные отстойники жидкой фракции | 0,0015 | 0,0023 | 0,0260 | 0,3008 | 0,0038 | 0,0057 | 0,0651 | 0,7519 |
| Сооружения I ступени биологической очистки | 0,0720 | 0,1091 | 1,2422 | 2,8687 | 0,0116 | 0,0176 | 0,2007 | 0,4634 |
| Канализационная насосная станция | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0200 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0020 | 0,6100 |
| Сооружения II ступени биологической очистки | 0,0160 | 0,243 | 0,2766 | 1,3934 | 0,0117 | 0,0177 | 0,2018 | 1,0166 |
| Приемники избыточного ила и осадка | 0,3636 | 0,5508 | 6,2708 | 3,2250 | 0,0155 | 0,0235 | 0,2674 | 0,1375 |
| Площадка компостирования твердой фракции | 0,0419 | 0,0635 | 0,7226 | 2,9481 | 0,0068 | 0,0102 | 0,1166 | 0,4755 |
| Пруд-накопитель очищенных стоков | 10,5992 | 16,0592 | 18,2824 | 4,1440 | 2,6898 | 4,0148 | 45,7059 | 1,0360 |
| В целом | 11,0945 | 18,8100 | 191,3676 | 4,0679 | 2,7013 | 4,0928 | 46,593 | 0,9904 |
| Центральная насосная станция с приемным резервуаром | 0,0095 | 0,1634 | 3,0001 | 25,0000 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0046 | 3,7000 |
| Цех разделения навоза на фракции | 1,0420 | 1,5788 | 17,9739 | 2,2000•10 ³ | 0,0123 | 0,0187 | 0,1224 | 26,0000 |
| Вертикальные отстойники жидкой фракции | 0,4263 | 0,6459 | 7,3529 | 84,9057 | 0,0303 | 0,0459 | 0,5229 | 6,0377 |
| Сооружения I ступени биологической очистки | 17,9987 | 27,2706 | 3,104•10 ² | 7,1698•10 ² | 0,7673 | 1,1626 | 13,2353 | 30,5660 |
| Канализационная насосная станция | 0,0123 | 0,0187 | 0,2124 | 65,0000 | — | — | — | — |
| Сооружения II ступени биологической очистки | 6,1575 | 9,3294 | 1,0621•10 ² | — | — | — | — | — |
| Приемники избыточного ила и осадка | 53,9962 | 81,8120 | 9,3137•10 ² | 4,7899•10 ² | — | — | — | — |
| Площадка компостирования твердой фракции | 5,3997 | 8,1812 | 93,1373 | 3,8000•10 ² | — | — | — | — |
| Пруд-накопитель очищенных стоков | 1,7051•10 ³ | 2,5835•10 ³ | 2,9412•10 ⁴ | 6,6667•10 ² | — | — | — | — |
| В целом | 1,7999•10 ³ | 2,7271•10 ³ | 3,1046•10 ⁴ | 6,5994•10 ² | 1,0420 | 1,5788 | 17,9739 | 3,3820 |

Для снижения загрязнения воздушной среды в зоне очистных сооружений свиноводческих предприятий разработаны объемно-планировочные, технологические и технические воздухоохраные мероприятия, которые вошли в Рекомендации по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу очистными сооружениями свиноводческих комплексов (рисунок б).

Для дезодорации навозных стоков и продуктов их очистки рекомендовано использовать ряд добавок.



Рисунок б - Воздухоохраные мероприятия при подготовке к использованию бесподстилочного навоза

Наиболее выраженный дезодорирующий эффект оказывают древесные опилки и суперфосфат совместно с железным купоросом, а также персульфат натрия. При использовании для дезодорации таких добавок интенсивность запаха, характерного для навоза, снижается на 83-100 %. Отмечена стимуляция выброса аммиака под влиянием известковой пушонки, но она способна улучшить общее санитарно-гигиеническое состояние воздушной среды. Последний эффект достигается уменьшением количества насекомых в помещениях. При совместном использовании известковой пушонки и навоза повышается урожайность сельскохозяйственных культур.

Интенсивными источниками загрязнения окружающей среды являются

также птицеводческие предприятия.

В районах размещения крупных птицеводческих фабрик атмосферный воздух на расстоянии до 2000 м имеет повышенную окисляемость, на расстоянии до 2500 м – повышенную концентрацию аммиака, на расстоянии 3000 м от этих предприятий – увеличенное содержание микроорганизмов. В выбросах присутствуют жирные кислоты, диацетил, ацетон, меркаптаны, сульфиды, индол, скатол, аммиак, сероводород. Но основным компонентом специфического запаха являются бутиловая кислота и ряд летучих жирных кислот, содержание которых достигает 0,1 % (данные Саратовского научно-исследовательского института сельской гигиены).

Об экологической опасности выбросов птицеводческого предприятия можно судить по данным табл. 11.

Таблица 11 – Выбросы птицеводческого предприятия

| Загрязняющие вещества | Класс опасно- | Количество, т/год |
|-----------------------|---------------|-------------------|
| Аммиак | 4 | 45,32 ± 2,126 |
| Сероводород | 2 | 0,81 ± 0,46 |
| Одоранты | - | 0,0132 ± 0,002 |
| Пыль | 3 | 195,14 ± 32,16 |
| Формальдегиды | 2 | 22,22 ± 0,32 |
| Окись углерода | 3 | 179,13 ± 28,12 |
| Двуокись азота | 2 | 61,42 ± 6,46 |
| Сернистый ангидрид | 3 | 3,92 ± 0,16 |
| Сажа | 3 | 0,14 ± 0,02 |
| Альдегиды | 3 | 0,01 ± 0,001 |
| Амины | 2 | 0,05 |
| Спирты | 3 | 0,01 |
| Карболовые кислоты | 3 | 0,007 |
| Сульфиды | 4 | 0,01 0,006 |
| Кетоны | 4 | |
| Фенолы | 2 | 0,003 |
| Оксид марганца | 2 | 0,002 |
| Белок комбикорма | — | 0,63 |

Таким образом, животноводческие и птицеводческие предприятия выбрасывают в воздушный бассейн большое количество загрязнений и создают интенсивную экологическую нагрузку на агросферу.

Для устранения специфического запаха помета рекомендуется добавлять к нему 10 % суперфосфата, который задерживает развитие в таких отходах личинок мух и снижает обсемененность бактериями в 100-1000 раз, или вносить в жидкий помет сульфат аммония из расчета 14 кг/м³.

В США, Канаде, Германии и других странах с целью устранения неприятного запаха, поступающего из животноводческих и птицеводческих предпри-

ятий, а также возникающих при термической обработке органических удобрений, компостировании и очистке сточных вод применяют биологические фильтры. В Японии в качестве фильтрующей массы используют вулканические породы, в США – землю, золу и песок в соотношении 1:1:1. Кроме того, можно использовать компосты, смешанные с древесной стружкой. Такие фильтры поглощают аммиак, амины, меркаптаны, сероводород, жирные кислоты, органические сульфиты, кетоны, альдегиды, оксиды азота, оксид углерода, метилмеркаптан, диоксид серы, метан и т. п. Степень запаха снижается на 90-100 %. Эта аспирационная система (рис. 7) самая дешевая, поскольку в ней не применяются химические соединения.

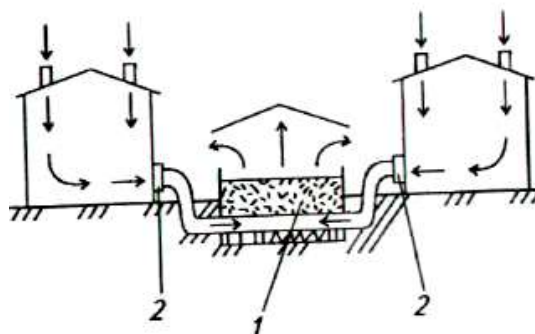


Рисунок 7 - Аспирационная система биофильтрации помета:
1 — биофильтр; 2 — вентилятор

Биофильтр (рис. 8) так же применяется при сушке помета. Фильтрующей массой могут быть волокнистые торфяные брикеты, смешанные с еловой стружкой или вереском.

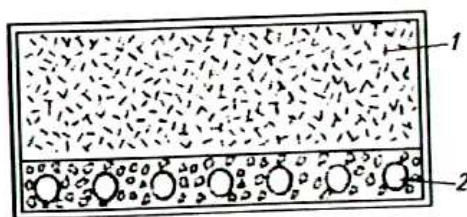


Рисунок 8 - Биофильтр:
1 - фильтрующая масса; 2 — воздуховод

В процессе фильтрации отработавшие газы, поступающие из птицеводческих помещений, проходят через систему перфорированных труб, расположенных в нижней части биофильтра, или через щелевой настил и распределяются равномерно по фильтрующему материалу. Вредные соединения в составе утилизируемого газа адсорбируются капельками воды и затем разрушаются микроорганизмами. Окончательный продукт окислительного процесса, выбрасываемый через биофильтр в атмосферу, – диоксид углерода и водяной пар – без-

опасные соединения без запаха. В результате восстанавливается адсорбционная способность фильтрующего материала; микробы получают необходимые для жизни и роста вещества.

Микроорганизмы могут существовать в биофильтре несколько недель даже при отсутствии отработавших газов. По данным ученых, биофильтры могут работать при температуре 12 °С и обеспечивать эффективность очистки до 95-99 % от пропана, изобутана. Углеводороды разрушаются полностью. Биофильтры могут работать 10-15 лет, при этом биомассу заменяют один раз в 4-8 лет. Эксплуатировать установку можно от 10 ч в сутки 5 дней в неделю и до 24 ч в сутки ежедневно в течение недели.

Проблемы утилизации навоза

Несмотря на то, что все животноводческие комплексы являются типовыми, на них существует ряд экологических проблем. На крупных животноводческих комплексах в связи с большим выходом навоза имеет место сверхнормативное внесение азота на закрепленной за комплексом площади. На фермах проблемы экологии более серьезны, т.к. многие из них не имеют санитарно-защитной зоны. Размещение ферм проводили без учета уровня стояния грунтовых вод. На многих отсутствуют типовые навозохранилища.

подавляющее большинство комплексов, особенно подвергшихся расширению, не обеспечены необходимым объемом навозохранилищ, недостаточно также стационарных и мобильных средств для транспортировки и внесения животноводческих стоков. Некоторые комплексы не имеют достаточных площадей для экологически безопасного внесения жидкого навоза. Еще более остро стоит проблема земледельческих полей орошения, обеспеченность которыми составляет лишь 15-20 %.

На строящихся комплексах сооружения по переработке и хранению навозных стоков вводятся в эксплуатацию с большим запаздыванием, что ведет к загрязнению окружающей среды. Это объясняется большими капитальными вложениями, отсутствием строительных материалов и финансовых средств. Для уменьшения загрязнения окружающей среды, уменьшения потребления количества воды, а также снижения затрат при использовании гидравлических способов уборки навоза на свиноводческих фермах и комплексах необходимо разрабатывать технологии очистки и обеззараживания животноводческих стоков и использования осветленной части на технологические нужды (или мойки станков, уборки навоза).

Основным направлением уменьшения выхода стоков и загрязнения водоемов является создание замкнутых систем. Для очистки животноводческих стоков в условиях гидросмыва используют биологические пруды. Жидкий навоз из свинарников по коллектору поступает в приемный резервуар насосной станции,

откуда его перекачивают на разделительную установку. Твердую фракцию складывают на площадке, биотермически обеззараживают и используют в качестве органических удобрений. Жидкую фракцию направляют в вертикальный отстойник для отстаивания и осветления. Осадок из отстойников обезвоживают с помощью центрифуг, биотермически обеззараживают и используют в качестве удобрения. Осветленные стоки из отстойника и фугат с центрифуг направляют в карантинные емкости для шестисуточного выдерживания.

В пруде-накопителе осветленные стоки выдерживают перед спуском в последующие пруды. Пруд-накопитель служит также для анаэробного сбраживания органического вещества стоков бактериями и потребления его микроорганизмами. Из пруда-накопителя частично минерализованные стоки поступают в водорослевый пруд, главное значение которого состоит в утилизации фитопланктоном биогенных элементов органического вещества. За счет фотосинтетической реакции происходит обогащение стоков кислородом, что приводит к распаду органического вещества, освобождению биогенных и накоплению планктонных водорослей (фитопланктон – совокупность организмов, обитающих в воде и пассивно переносимых водным течением). Из водорослевого стоки поступают в рачковый пруд. При наличии богатого питательного субстрата происходит массовое развитие ветвистоусых и веслоногих рачков, а также червей и личинок насекомых.

Далее стоки, содержащие зообиомассу и биомассу фитопланктона, поступают в рыбоводный пруд. Энергетические потребности и рост рыбы обеспечивается за счет использования его биомассы. Такая технология обработки стоков обеспечивает дегельминтизацию жидкой фракции до поступления ее в рыбоводный пруд. Очищенные в рыбоводно-биологических прудах стоки могут использоваться на полях орошения или в оборотной системе водоснабжения комплекса (для гидроудаления навоза).

Несмотря на достаточно хорошую очистку, эта технология имеет ряд недостатков. Биологические пруды в зимний период замерзают и добиться очистки стоков невозможно. Не решены также вопросы очистки биологических прудов в процессе их эксплуатации, требуется отчуждение больших площадей (до 70 га) и большие капитальные вложения.

Таблица 12 - Показатели очистки стоков в рыбоводно-биологических прудах

| Показатель | Пруды | | | |
|------------|---------------|--------------|----------|------------|
| | накопительный | водорослевый | рачковый | рыбоводный |
| | | | | |

| | | | | |
|--|------|-----|-----|---------|
| БПК ₅ , O ₂ мг/л | 1000 | 200 | 40 | 4 |
| Абсолютно сухое вещество, мг/л | 874 | 200 | 240 | 12 0 |
| Фосфор, P ₂ O ₅ , мг/л | 2,0 | 0,7 | 0,1 | 0,0 |
| Азот общий, мг/л | 150 | 15 | 10 | 0,5 |
| Растворимый кислород | 0 | 2 | 3 | 6 |
| Биомасса водорослей (сырая), мг/л | - | 150 | 30 | 11 5 |
| Биомасса зоопланктона, мг/л | - | 50 | 100 | 10 |

Фундаментальной основой решения экологической проблемы на свиноводческих комплексах может быть технология переработки жидкого навоза в концентрированные твердые органические удобрения и оборотную воду. Предлагаемая технологическая линия предназначена для переработки свиноводческих стоков любой влажности. Основными сооружениями являются: осветлитель с взвешенным слоем осадка; зернистые фильтры с клиноптилолитовой загрузкой; электродиализная установка; центрифуга для обезвоживания твердой фракции и хранилища для твердой фракции и жидких отходов, используемых в качестве удобрения.

Стоки после отделения крупных включений смешиваются с фугатом, промывной водой с фильтров и подаются в осветлитель. Благодаря контактной коагуляции во взвешенном слое осадка жидкость осветляется на 80-90 %. После обезвоживания осадка на центрифуге твердая фракция поступает в хранилище, осветленная жидкая фракция подается на зернистые фильтры. Благодаря процессам седиментации, контактной коагуляции, окисления и адсорбции на фильтрах происходит полное осветление, обесцвечивание и обеззараживание. Дезодорация жидкой фракции, минерализация органики и частичная деминерализация раствора снижают содержание в нем сухого вещества до 5-7 % от первоначального. Последующий электродиализ фильтра позволяет снизить содержание сухого вещества в нем до уровня питьевой воды, ее можно использовать для мойки и дезинфекции животноводческих помещений и животных, очистки навозных каналов, избыток воды – на нужды котельной. Отходы электродиализа используются для регенерации фильтров, а отходы регенерации в виде восьмипроцентного раствора минеральных веществ поступают в хранилище. В дальнейшем они частично используются для обогащения питательными веществами твердой фракции, а в основном – в качестве жидкого минерального комплексного удобрения. Количество твердого и жидкого удобрений составляет по 25 % каждого от выхода экскрементов животных.

Такие очистные сооружения являются экологически безопасными, используются в течение всего года, не требуют больших площадей, обеспечивают более эффективную очистку по сравнению с биопрудами, отпадает необходимость в полях орошения для утилизации жидкой фракции стоков, расход энер-

гии не превышает 1 кВт/т экскрементов.

Сущность технологии с использованием биогазовой установки заключается в следующем: жидкий навоз влажностью 91-93 %, предварительно подогретый рекуперированным теплом, подается в биоэнергетическую установку (БЭУ), где осуществляется его анаэробное сбраживание в термофильном режиме при 53-55⁰ С, в результате которого из 1 т сухого органического вещества может быть получено 400-600 м³ биогаза теплотворной способностью 20-26 МДж/м³. Для расчета принимают выход биогаза 500 м³ на 1 т сухого органического вещества и теплотворную способность 23 МДж/м³. При суточном выходе 240 т и влажности 91% содержание сухих веществ в навозе составляет 21,6 т. При содержании органических веществ в абсолютно сухом веществе навоза 80% суточный выход биогаза составляет 8640 м³, из которого при КПД котла 0,8 может быть получено 159 тыс. МДж тепловой энергии в виде пара – 30% (48 тыс. МДж) используется на поддержание анаэробного процесса сбраживания навоза (лучшие образцы биоэнергетических установок потребляют 10% энергии вырабатываемого биогаза).

По расчетным данным, расход тепловой энергии на упаривание 1 т стоков составляет 500 МДж (современные установки потребляют 250-300 МДж/м³). Расход тепловой энергии за сутки при упаривании 200 т жидкой фракции навоза составит 100 тыс. МДж. Оставшаяся часть тепловой энергии может быть использована на другие энергетические нужды свиного комплекса (отопление, выработка электроэнергии, подогрев технологической воды).

Сброженный навоз поступает в цех для разделения на фракции. Твердая фракция (28 т/сут.) влажностью 70 % поступает на площадку для складирования и хранения, жидкая фракция (230 т/сут.) влажностью 98% - в отстойник непрерывного действия. Из отстойника осадок поступает в цех механического разделения на обезвоживание, а осветленная жидкая фракция - в реактор, где смешивается с известью. Из реактора смесь жидкой фракции навоза с известью поступает в отстойник для отделения избытка извести и осадка.

Осветленная жидкая фракция навоза содержит около 3 кг аммиака. Предельно допустимая концентрация аммиака в 1 т оборотной воды должна быть не более 20 г. С целью удаления излишнего аммиака фракция дегазируется, нагреваясь в аммиачной колонне. Для облегчения процесса удаления аммиака в жидкую фракцию вводится негашеная известь, расход которой в сутки составляет около 2 т. Высвободившийся аммиак в процессе дегазации поглощается водой, суточный расход которой составляет около 3 т. С целью повышения адсорбируемости вода поглощает аммиак, охлаждается не менее чем до 20⁰С поступающими на дегазацию стоками, используется она как жидкое удобрение. Кроме этого для дегазации стоков может быть использована отдувка, а также химическое закрепление аммиака в стоках и удаление его вместе с concentra-

тами стоков в процессе упаривания.

Очищенная от аммиака жидкость подается на упаривание в дистилляционные колонны, где из нее в сутки получается 188 т конденсата и 15 т концентрата влажностью 70 %. Конденсат после сорбционной очистки направляется на технологические нужды свиного комплекса (мойка животных, подпитка котлов, системы теплоснабжения), а концентрат мобильным транспортом подается на площадку для хранения твердой фракции, смешивается и хранится вместе с ней. В оптимальные агросроки (весной и осенью) концентрированные твердые удобрения транспортируются и вносятся в почву, для чего необходимо 4-5 агрегатов Т-150К и ПРТ-10. Получение первичного пара, используемого в выпарной обстановке, осуществляется с помощью парового котла, работающего на биогазе.

Таким образом, в сутки на свином комплексе на 54 тыс. голов в результате переработки навоза получают 40-50 т высококачественных твердых органических удобрений с концентрацией питательных веществ, превышающих их концентрацию в экскрементах более чем в 4 раза, и 188 т воды, пригодной для повторного использования на технологические нужды.

Для переработки жидкого навоза в твердые органические удобрения и оборотную воду необходимо также разработать технологию и средства механизации поения свиней, очистки станков, каналов и помещений от навоза и ряд других организационных технических решений, обеспечивающих выход жидкого навоза от свиноводческих комплексов влажностью около 91-93% или сокращение выхода стоков в 5-6 раз.

Основными достоинствами этой технологии являются: экологическая безопасность, исключая загрязнение окружающей среды; наличие оборотной системы обеспечения технологической водой; снижение выхода навозных стоков более чем в 5 раз и обеспечение внесения в сжатые сроки с минимальными трудозатратами. Отсутствие прямого контакта обрабатываемых навозных стоков с атмосферой предотвращает загрязнение окружающей среды и потери питательных веществ, исключает необходимость в карантинных емкостях, отстойниках, резервуарах осветленных стоков полей орошения и обеспечит снижение капитальных затрат в 2-5 раз.

Охрана окружающей среды в зонах размещения птицеводческих комплексов

В связи со строительством крупных птицеводческих объектов на ограниченной территории возникла необходимость предотвращения загрязнения окружающей среды, а так же воздушного бассейна вокруг комплексов. Загрязнения, выбрасываемые в воздух из птицеводческих объектов, могут служить источником аэрогенного распространения условно-патогенной и патогенной

микрофлоры, создавать угрозу заноса возбудителей инфекционных болезней из одного объекта в другой. Не менее важно и устранение специфических запахов, далеко распространяющихся от птицеводческих комплексов. С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха животноводческими предприятиями используют различные методы, такие как рационализация удаления и хранения отходов, обработка навоза и помета, вентиляция и очистка воздуха.

Воздух в птичниках и вокруг них представляет собой естественный аэрозоль, содержащий капельные и пылевые частицы. Эпизоотологическое значение при этом приобретают бактерии, споры, грибы, вирусы, ооцисты кокцидий и др. Кроме того, в воздушном бассейне птицефабрик содержатся вредно действующие газы.

При тесной застройке территорий птицефабрик подаваемый в птицеводческие помещения воздух, как правило, сильно загрязнен микроорганизмами и пылью, выбрасываемыми из соседних помещений, загрязняются территория и атмосферный воздух далеко за пределами хозяйства. На одной птицефабрике с поголовьем 720 тыс. вытяжной системой вентиляции за 1 ч выбрасывается в воздух до 41,4 кг пыли, 174,8 млрд. микробов, до 1490 м³ углекислого газа и 13,3 кг аммиака, которые распространяются по территории на расстояние до 200 м и более. По мере их удаления концентрация быстро уменьшается. На расстоянии 500 м содержание микроорганизмов и пыли находится в пределах, принятых для обычного воздуха. Специфические запахи, особенно от птицеводческих объектов, распространяются в зависимости от сезона года на значительные расстояния: зимой – до 0,5, летом – до 3,5-5 км.

Вопрос о допустимом количестве микроорганизмов в воздухе птичников и воздушном бассейне между ними, которое не влияло бы на рост, развитие и продуктивность птицы, окончательно не решен. Есть данные, что при содержании в птичниках свыше 250 тыс. микроорганизмов в 1 м³ воздуха наступает микробный стресс и наблюдается отрицательное влияние на организм птицы. В выводных залах инкубаториев количество микробов в 1 м³ обычно не превышает 2 тыс. Важную роль играет также определение санитарно-бактериологической оценки воздуха птичника по санитарно-показательным микроорганизмам (кишечная палочка, стафилококки и др.).

Содержание микроорганизмов в 1 м³ помещений, где находятся куры, колеблется от 93 до 800 тыс., пыли – от 4 до 15 мг. Имелось значительное количество санитарно-показательных микробов. С увеличением возраста птицы в помещениях накапливается больше микроорганизмов. Так, при выращивании цыплят с 1-го по 60-й день на подстилке количество микроорганизмов в 1 м³ воздуха увеличилось с 1300 до 140 200, а при клеточном содержании – соответственно с 1800 до 76 000. Максимальное содержание кишечной палочки в воздухе птичников с напольным содержанием – 3600, с клеточным – 1200 в 1 м³. В

1 г подстилки содержится 720 млн. микробных тел, в том числе кишечных палочек 85 млн.

Мероприятия по охране воздушного бассейна территории птицеводства можно подразделить на общие и частные. К общим мероприятиям борьбы с загрязнением воздуха относятся: высокая санитарная культура ведения отрасли, бесперебойная работа систем обеспечения микроклимата (в первую очередь вентиляции), удаление помета, тщательная очистка и дезинфекция помещений, организация санитарно-защитной зоны и др. Частные мероприятия направлены на очистку, обеззараживание и дезодорацию воздуха.

Выброс загрязненного воздуха из помещений необходимо проводить вверх факелом с выносом над коньком крыши вытяжных труб на высоту, рассчитанную для создания «аэродинамической тени», а забор чистого воздуха осуществлять снизу в торцовых частях или в отдельных камерах вне помещения с учетом направления господствующих ветров; при этом концентрация вредных газов и микрофлоры в местах забора не должна превышать 20 % от предельно допустимых концентраций в помещении.

На осевых вытяжных вентиляторах, расположенных в торцовых и боковых частях помещения, следует делать защитные козырьки, насадные трубы, изогнутые книзу, чтобы уменьшить внешнюю рециркуляцию и снизить загрязненность воздушного бассейна в 2-5 раз.

Установление на вытяжной и приточной вентиляциях диффузоров с бактерицидными лампами или фильтров по очистке воздуха позволяет уменьшить загрязненность атмосферного воздуха на 88-99 %. Обычно очищается удаляемый воздух. В случае отсутствия специальных фильтров можно применять фильтры грубой очистки из местных материалов: опилок, стекловолокна, лавсановой ткани и др.

Следует подчеркнуть, что очистка и обезвреживание воздуха экономически дороги и использовать их надо там, где это целесообразно и вызвано необходимостью. Часто бывает достаточно для охраны воздушного бассейна птицефабрик и окружающей территории общих средств борьбы с загрязнением воздуха.

Подготовка и переработка помета и сточных вод. В процессе эксплуатации птицеводческих объектов накапливается большое количество помета. Условия удаления, обработки и использования помета в основном определяют состояние окружающей среды.

Накопление помета зависит от мощности птицефабрики. Имеется сообщение, что на бройлерной фабрике мощностью 50 тыс. цыплят скапливается в год до 13,5 тыс. т помета. На птицефабрике с поголовьем 100 тыс. кур-несушек ежесуточный выход помета составляет около 30 т, при увеличении поголовья до 400 тыс. – 160-180 т.

В зависимости от вида птицы, возраста и условий содержания наблюдается соответствующая усушка птичьего помета. При клеточном содержании усушка помета молодняка кур или индеек в возрасте 1-60 дней через 12 ч составляет 16 %, через 24 ч – 32; от взрослых кур, индеек и молодняка старше 60 дней – соответственно 13 и 27 %. При напольном содержании птицы процесс сушки проходит более интенсивно: за 12 ч у кур и индеек – до 50 %, у уток и гусей – 35%.

При этом особенно важно обеззараживание помета с целью предупреждения распространения возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, защиты окружающей среды от загрязнения. Для обеззараживания помета предложены различные способы: биотермический, биологический, термический, химический, физический, радиационно-химический и др.

Согласно РНТП-2004 обеззараживание подстилочного помета должно производиться на площадках с твердым и водонепроницаемым покрытием. Помет и компост укладывают буртами высотой до 2 м, шириной по верху 2-2,5 м. Длительное хранение помета в помехранилищах – один из наиболее простых способов обеззараживания. Однако некоторые микроорганизмы, опасные с эпизоотологической точки зрения, не гибнут при такой обработке.

Чаще используют биотермическое обеззараживание помета, когда создается высокая (60-70° С) температура, губительно действующая на возбудителей болезней. В соответствии с п. 27 ГОСТ 26074–84 время выдерживания помета в штабелях в теплое время года 2 месяца, в холодное – 3 месяца. Началом срока обеззараживания считают день повышения температуры в штабеле до 60° С.

Влажность массы, обрабатываемой биотермическим путем, должна быть не более 70 %. Рекомендуется закладывать в бурты рыхлый помет с добавлением 20 % соломы, торфа, опилок или сухого помета. Для помета с подстилкой добавки не требуется. Бурты лучше покрывать опилками, торфом, обеззараженным компостом или грунтом толщиной 15-20 см летом, 30-40 см зимой. Биотермическому обеззараживанию зимой подлежит непромерзший помет.

Для биотермического обеззараживания можно складировать помет (влажностью не более 70 %) в специальные ямы, построенные из влаго- и термоустойчивого материала. В крышке помехранилища делают отверстие для притока воздуха. Температура помета на 20-25-й день повышается до 60° С и выше. Далее в течение 15-20 дней происходит разложение массы и образуется однородный компост (лишенный запаха), пригодный для удобрения.

Не менее важным фактором птицеводческих предприятий, способствующим загрязнению почвы и воды, являются птицеводческие стоки, образующиеся в результате сброса излишков воды из системы поения и после мойки помещений и оборудования. Следует отметить, что при нарушениях технологии ежедневной уборки или прекращении удаления помета при выращивании брой-

леров за 3-5 дней до их высадки расход воды увеличивается в 2-3 раза.

На мойку одного птичника расходуется от 120 до 150 м³ воды. На многих птицефабриках вода поступает в систему канализации и очистки. Расход воды для мойки птичников при напольном содержании цыплят составляет 22-43 м³, при клеточном – 36-136 и на сетчатых полах – 72 м³. На мойку птичников при напольном содержании кур расходуется воды 36-103 м³, а с клеточным оборудованием – 240-249 м³.

Сточные воды птицефабрик по степени загрязненности органическими веществами превосходят хозяйственно-бытовые. Следует иметь в виду, что даже в благополучных по инфекционным болезням птицефабриках сточные воды содержат патогенную и условно-патогенную микрофлору, грибы, а также яйца гельминтов.

Один из наиболее распространенных и надежных способов очистки сточных вод — почвенный. Однако внесение помета и сточных вод в почву ограничивается недостаточным количеством земли, пригодной для орошения, высокой стоимостью оросительных систем. Необходимо совершенствовать имеющиеся системы и проектировать новые по использованию птицеводческих стоков. На крупных птицеводческих предприятиях нужно уделять внимание двум проблемам: возрастающему дефициту воды и охране природных вод от загрязнения стоками. Опасность загрязнения окружающей среды усиливается при вспышках инфекционных болезней на птицеводческих предприятиях. В этом случае помет и сточные воды требуется подвергать обеззараживанию физическими, химическими или биологическими методами.

Сточные воды, образующиеся при мойке птичников, содержат взвешенные частицы – 1,7-6,1 г/л, в том числе органические вещества – 1,8-4,8, минеральные вещества – 0,32-1,51 г/л. Основные показатели птицеводческих стоков – общая микробная загрязненность и коли-индекс. Так, в птичниках для выращивания молодняка напольно, в клетках и на сетчатых полах они равняются соответственно 56 млн/мл и 590 млн; 114 и 570; 42 млн/мл и 670 млн.

Птицеводческие стоки представляют собой полидисперсную массу, состоящую из воды и твердых включений (пыли, пуха, остатков корма и пр.). Основная часть стоков приходится на те, которые образуются при мойке птичников и оборудования.

Ветеринарно-санитарными правилами предусмотрено обязательное обеззараживание сточных вод птицефабрик. Экспериментально проверены многие способы обеззараживания: хлорирование, автоклавирование, обработка ультразвуком и др., но до практического внедрения они еще не доведены.

Обеспечение экологической безопасности животноводческих комплексов

Снизить загрязняющее влияние животноводческих комплексов на прилегающую территорию можно в результате правильного проектирования технологии производства и застройки ферм. Для этого необходимо:

- отказаться от строительства комплексов по откорму крупного рогатого скота свыше 3-5 тыс. голов, свиноводческих – свыше 24-27 тыс. голов, а также комплексов с системами навозоудаления на гидросмыве;

- сократить число животных на ферме, в отдельных помещениях, секциях;

- включить в технологию содержания животных принцип «все пусто – все занято» и предусматривать профилактические перерывы с целью постоянного поддержания высокой санитарной культуры;

- практиковать проведение общих ветеринарно-санитарных мероприятий, способствующих снижению количества микрофлоры в помещениях и предупреждению разноса их; вокруг комплексов и на их территории создавать санитарно-защитные зеленые зоны;

- максимально снизить расход воды на удаление навоза, шире использовать механические способы его удаления;

- использовать в качестве подстилочного материала соломенную резку, позволяющую создавать теплое ложе и значительно повысить качество навоза. Обеззараживание навоза производить естественным, экологически безопасным биотермическим способом, для чего организовывать на каждой ферме цеха для его утилизации;

- совершенствовать систему обеспечения микроклимата помещений, не допускать внутренней и внешней рециркуляции отработанного воздуха;

- усилить гигиенический контроль за качеством проектирования, обязательно проводить комиссионную экологическую экспертизу проектов ферм и комплексов.

Проектирование, строительство и эксплуатация животноводческих ферм и комплексов должны осуществляться в комплексе с агротехническими, мелиоративными, санитарно-гигиеническими и ветеринарными мероприятиями. В первую очередь это обеззараживание навоза в эпидемиологическом и эпизоотическом отношении, уменьшение загрязнения воздуха и распространения инфекций аэрогенным путем; создание санитарно-защитных зон и лесных полос; своевременная запашка навоза после его внесения; использование дождевальных машин с насадками и агрегатами для близкопочвенного дождевания. Все это позволит значительно снизить загрязнение атмосферного воздуха, распространение неприятных запахов и микроорганизмов.

Важно, чтобы природоохранные меры способствовали естественному

биологическому круговороту веществ в природе, процессам естественного обеззараживания отходов производства, разложения и превращения в составную часть почвы и чтобы эти меры не только предусматривались в проектах и воплощались при строительстве, но и строго соблюдались в процессе эксплуатации ферм и комплексов. Кроме того, строительство и ввод в эксплуатацию очистных сооружений, оросительных систем с использованием навозных стоков, навозохранилищ и цехов по утилизации навоза должны предшествовать вводу в эксплуатацию ферм и комплексов.

В проектах обязательно следует предусматривать защиту водоемов от загрязнения сточными водами путем перехвата поверхностных и дренажных стоков и аккумуляцией их в прудах-накопителях с целью создания водооборотных систем. Сдавать в эксплуатацию земельные поля орошения необходимо не позже чем сам комплекс. Обязательным мероприятием является планировка поверхности орошаемых земель.

Участки, на которых предусматривается дождевание животноводческими стоками, располагаются с учетом направления преобладающих ветров и размещения территории застройки. Защитная полоса между удобряемыми участками и населенным пунктом не менее 300 м.

По санитарно-гигиеническим требованиям необходимо, чтобы при использовании животноводческих стоков уровень грунтовых вод залегал на глубине ниже 1-1,2 м от поверхности, что исключает использование низинных почв, заливаемых поверхностными водами.

Животноводческие стоки подаются, прежде всего, под однолетние растения в срок, когда возможно немедленное их перемешивание с почвой, а также под многолетние кормовые растения, главным образом во вневегетативный период. При использовании животноводческих стоков в период вегетации растений необходимо учитывать следующие сроки, когда внесение запрещается:

- для сахарной и кормовой свеклы и других кормовых растений – за три недели до уборки;
- для картофеля на пищу – после цветения;
- для овощей – в течение всего периода вегетации.

Удобряемые животноводческими стоками площади должны соответствовать поголовью комплекса. При этом количество азотных удобрений, приходящихся на единицу площади, не должно превышать предельно допустимых норм с учетом типа почв, вида выращиваемых культур, их продуктивности и нормы полива.

Для эффективного использования бесподстилочного навоза из комплексов без загрязнения почвы и грунтовых вод следует строго придерживаться предельно допустимых норм вносимого азота – не более 200 кг/га на пашне и 300 кг/га при орошении. Годовую дозу внесения жидкого навоза определяют

для каждой культуры севооборота с учетом выноса питательных веществ урожаем, содержания их в навозе и коэффициента использования культурами. Расчет производится по азоту, фосфору и калию, за окончательную дозу принимают минимальную из них. Недостаток других элементов восполняется за счет минеральных удобрений.

Для контроля за состоянием экологической обстановки на комплексе и вокруг него необходимо организовать постоянное наблюдение за использованием бесподстильного навоза, не реже двух-трех раз в квартал проводить агрохимические анализы органических удобрений, почвы, грунтовых вод и растительной продукции.

Экологическая безопасность при проектировании и реконструкции животноводческих и птицеводческих предприятий

Надежность и эффективность технических проектных решений в значительной мере зависят от рационального выбора систем удаления, подготовки и использования навоза, помета, образующихся при этом стоков и сточных вод. Эти системы должны удовлетворять ветеринарно-санитарным, агротехническим, гигиеническим и мелиоративным требованиям.

Большое значение имеет обеспечение санитарно-защитных зон, предупреждение заноса и распространения возбудителей инфекционных и инвазионных болезней животных.

Для обеспечения экологической безопасности сельского хозяйства необходима организация производства по замкнутому циклу, предусматривающая отказ от закупки удобрений и кормов или значительное ограничение их. Это возможно только в условиях рационального развития растениеводства и животноводства. При высокой концентрации животных наблюдается контактное и аэрогенное распространение болезней, отмечается высокая степень загрязнения окружающей среды, нарушается экологическое равновесие.

В связи с изложенным были предприняты попытки усовершенствования технологических систем производства молока, говядины и свинины. Представляет интерес проект ВИЭСХ «Агроноосфера-2000» — молочная ферма будущего. Он предусматривает внедрение разработанной автоматизированной доильной установки с адаптивной системой управления процессом, обеспечение наилучшего сочетания биологических и механических факторов в молочном животноводстве.

Разработан проект «Свинокомплекс-2000». Конечная его цель — создание экологически безопасного комбината модульного типа по производству и переработке 60 т свинины в год. Отдельные разработки включены в государственные программы «Фермер», «Машиностроение» и др.

Существующие крупные животноводческие предприятия необходимо реконструировать применительно к местным условиям и возможностям.

Поголовье животных в крестьянских (фермерских) хозяйствах определяет сам хозяин с учетом возможности полного обеспечения животных кормами, водой, пастбищами, наличия сельскохозяйственных угодий для утилизации навоза.

В настоящее время сохраняется важнейшая экологическая проблема – упорядочение эксплуатации малых ферм, которые создают суммарно отрицательный эффект воздействия на окружающую среду. В первую очередь это относится к соответствующим предприятиям, расположенным в природоохраненных зонах, вблизи водоисточников.

При разработке новых проектов животноводческих предприятий проектировщики должны знать не только отечественную нормативную документацию, но и как минимум европейское законодательство в этой области.

В большинстве европейских стран при рассмотрении животноводческой фермы как источника загрязнения окружающей среды главное внимание обращается на поступление от нее азота и фосфора, вследствие чего происходит загрязнение водоемов, закисление почв, снижение ее гумусообразовательной способности и в конечном итоге снижение ее плодородия. Частично эта проблема решается путем регулирования сельскохозяйственной деятельности на законодательной основе, а также постепенным переходом части сельскохозяйственного производства от интенсивно-индустриальных к экстенсивно-экологическим способам ведения хозяйства. В Швеции действуют правила, по которым для строительства животноводческих помещений с поголовьем более 100 условных животных единиц необходимо получить специальное разрешение, в Нидерландах законы об удобрениях и об охране вод и земель, устанавливающие стандарты на качество удобрений, запрещают производить более чем 125 кг P_2O_5 (на га) в год в навозе. Закон «О неприятных явлениях (неприятных запахах) производственной деятельности» устанавливает минимальное расстояние животноводческих предприятий до ближайшего населенного пункта. В соответствии с директивой на газовоздушные выбросы животноводческими предприятиями предусматривается санитарно-защитная зона не менее чем 3 км. Выбрасывать их необходимо через систему вентиляции фермы и навозохранилищ. Запрещается разбрасывать навоз во вневегетационный период и предписывается его заделка в почву в течение 24 ч после внесения под сельскохозяйственные культуры.

В США контроль за сбросом стоков с откормочных площадок устанавливается в случае, если на них насчитывается более 300 голов крупного рогатого скота или эквивалентное количество сельскохозяйственных животных других видов. В Канаде сброс животноводческих стоков в водоемы регулируется законом. В Австралии действуют законы, регулирующие количество скота на фер-

мах в зависимости от существующих систем уборки и утилизации навоза. Организация крупных свиноводческих комплексов разрешается только при условии разработки надежных систем утилизации отходов.

Созданием безотходных экологически безопасных производств, совершенствованием действующих технологий занимаются и в птицеводстве. Так при переработке яиц и мяса птицы необходимо использовать принцип разумного сочетания внедрения малолюдных автоматизированных или высокомеханизированных комплексов энергосберегающего технологического оборудования на крупных птицеводческих предприятиях и использования технических средств средней и малой мощности (производительности) там, где на рынке труда имеется избыток рабочей силы.

С целью профилактики заразных болезней животных необходимо учитывать общие и специфические мероприятия, предусматривающие внешнюю и внутреннюю защиту предприятий. Внешняя защита – охрана от заноса возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, ограждение ферм и птицефабрик, устройство ветеринарно-санитарных пропускников, карантинирование вновь поступающих животных. Внутренняя защита предусматривает меры общей профилактики, а также специальные мероприятия – диагностические исследования, иммунизацию животных, дегельминтизацию, дезинфекцию, дезинсекцию, дератизацию помещений и территории ферм.

Экологическую опасность могут представлять отдельные химические вещества, применяемые при выполнении ветеринарно-санитарных мероприятий. Поэтому в настоящее время широко применяют экологически безопасные средства и методы дезинфекции, электроаэрозольную дезинфекцию, бактериальные пены, порошковую обработку поверхностей. Разработан метод безотходной мойки и дезинфекции доильной аппаратуры, при котором предотвращается сброс промывных вод в водоемы, в 10–20 раз сокращается расход химикатов. В результате микробиологического синтеза создан препарат турингин. Он оказался эффективным как в ветеринарной практике, так и в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур. Для обеспечения безопасности дератизации проводятся работы по изысканию препаратов с избирательной токсичностью для мышевидных грызунов.

Все это должно в полной мере учитываться при разработке новых проектов и реконструкции действующих животноводческих и птицеводческих предприятий. Такие предприятия должны быть закрытого типа и функционировать по принципу безотходных технологий.

Экологическая паспортизация животноводческих и птицеводческих предприятий

Животноводческие и птицеводческие предприятия являются источниками загрязнения окружающей среды, поэтому необходим учет и регламентация их вредных выбросов и сбросов в окружающую среду.

Документом, содержащим информацию об источниках загрязнения и регламентации поступления от них загрязнителей в окружающую среду, является экологический паспорт.

Экологическая паспортизация получила распространение сначала на промышленных предприятиях, для которых был разработан и утвержден государственный стандарт экологического паспорта. Опыт паспортизации промышленных предприятий учтен при внедрении этой процедуры на сельскохозяйственных предприятиях.

Концепция экологической паспортизации сельскохозяйственных предприятий основана на следующих положениях:

- оценка фактического воздействия предприятий на почвы, атмосферный воздух и гидросферу (подземные и поверхностные воды);
- критерий оценки – соблюдение ПДК вредных веществ;
- применение нормативов для определения объемов потребления воды предприятием для технологических и хозяйственных целей и объемов сточных вод;
- фиксация отходов предприятий и мест их загрязнения (утилизации) с учетом их количества и класса опасности;
- восстановление деградированных и представляющих опасность для окружающей среды сельскохозяйственных угодий.

На основе рассмотренной концепции разработаны типовый экологический паспорт сельскохозяйственного предприятия и рекомендации по его заполнению.

Экологический паспорт утверждает руководитель сельскохозяйственного предприятия.

В начале каждого года районный комитет по охране природы сопоставляет указанные в паспорте нормативы предельно допустимые выбросы (ПДВ), предельно допустимые сбросы (ПДС) с фактическими объемами выбросов и сбросов вредных веществ, количеством размещенных отходов и устанавливает сельхозпредприятию суммы платежей на предстоящий год с разбивкой их по кварталам.

В утвержденный экологический паспорт допускается вносить изменения и дополнения в случае репрофилирования сельскохозяйственного предприятия, изменения технологии производства, сокращения или увеличения числа экологически опасных объектов, изменения формы собственности и пр.

Экологический паспорт действует 5 лет. По истечении этого срока районный комитет по охране природы ежегодно продлевает действие документа, если не превышались нормы ПДВ и ПДС. За достоверность и полноту данных в таблицах и разделах экологического паспорта и внесенных изменений отвечает руководитель сельскохозяйственного предприятия, а право выборочного контроля достоверности и полноты данных возложено на районный комитет по охране природы. При отклонении данных от истинных значений районному комитету по охране природы рекомендуется внести соответствующую корректировку или аннулировать экологический паспорт.

При экологической паспортизации животноводческих и птицеводческих предприятий необходимо учитывать воздействие этих предприятий на атмосферный воздух, почву, поверхностные и подземные воды; объем потребления воды для технологических и хозяйственно-бытовых нужд; объемы сточных вод; количество отходов и классы их опасности.

Для разработки мероприятий по повышению природоохранной безопасности конкретного животноводческого или птицеводческого предприятия необходимо использовать данные инвентаризации всех организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ.

Экологическая паспортизация предприятий позволит создать единую в стране систему регистрационного учета возможных и явных источников загрязнения и разработать предельно допустимые выбросы сельскохозяйственными объектами; станет организационно-правовым инструментом государственного экологического контроля в области охраны окружающей среды в районах размещения животноводческих и птицеводческих предприятий.

15. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Санитарно-гигиеническая оценка

продовольственного сырья и пищевых продуктов животноводства

Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы – это научно обоснованный и законодательно утвержденный правовой документ. Для эксперта-гигиениста-эколога он является инструментом, позволяющим сделать обоснованное заключение о доброкачественности или недоброкачественности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Заключение о качестве продовольственного сырья и пищевых продуктов основывается на результатах их экспертизы с применением законодательно утвержденных методов исследований. При исследовании продовольственной сельскохозяйственной продукции используют органолептические, физико-химические, радиологические, микологические, микробиологические, паразитологические методы. Органолептиче-

ские показатели – общий вид, цвет, запах, вкус и консистенция исследуемого материала – должны находиться в соответствии с признаками, характерными для данного вида пищевой продукции, ее специфических свойств. Продовольственное сырье и пищевые продукты не должны иметь посторонних запахов, привкусов и включений.

Содержание потенциально опасных химических соединений, радионуклидов и биологических объектов, обнаруженных с помощью специальных исследований, не должно превышать допустимых уровней в заданной массе (объеме) исследуемого материала. Например, содержание кадмия в мясе и в полуфабрикатах не должно превышать 0,05 мг/кг, ртути – не более 0,03 мг/кг.

При экспертизе пищевой продукции много внимания уделяется определению остаточного количества агрохимикатов: минеральных удобрений, пестицидов и т.д. В продовольственном сырье и пищевых продуктах растениеводства определяют соли азотной и азотистой кислот, в мясе – метаболиты нитратов (N-нитрозамины). При экспертизе продовольственного сырья и пищевых продуктов определяют остаточные количества ДДТ, других пестицидов как глобальных загрязнителей. Так, в мясе содержание ДДТ и его метаболитов не должно превышать 0,1 мг/кг, в молоке – 0,05 мг/кг.

Большое экологическое и санитарно-гигиеническое значение имеет оценка продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание в них радионуклидов, особенно долгоживущих (цезия-137 и стронция-90).

В мясе и других продуктах животного происхождения регламентируется содержание стимуляторов и фармакологических препаратов, используемых в животноводстве и ветеринарии. Продукты убоя исследуют на наличие в них остаточных количеств примененных в хозяйстве антибиотиков – группы тетрациклина, гризина, бацитрацина. В молоке и молочных продуктах определяют содержание пенициллина, стрептомицина, левомицетина, тетрациклина.

Продовольственное сырье и пищевые продукты животного происхождения, предназначенные для детского питания, должны быть свободны от бензопирена — опасного тератогена и мутагена.

Проводят паразитологические исследования. Не допускается наличие в мясе и мясных продуктах личинок трихинелл и финн (цистицерков).

Большое санитарно-гигиеническое и экологическое значение приобрели микробиологические исследования по обнаружению в пищевой продукции условно-патогенных (кишечная палочка и др.), патогенных (сальмонеллы и др.) микроорганизмов, особенно тех, которые вызывают болезни, общие животным и человеку (зооантропонозы).

О пищевой ценности продовольственной продукции судят по содержанию в ней белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов.

Санитарно-гигиеническая оценка качества продовольственного сырья и

пищевых продуктов животноводства – одно из основных условий в системе мероприятий по сохранению здоровья людей.

Сельскохозяйственные животные.

Мясо. В условиях техногенеза весьма актуальна проблема изучения интенсивности распределения приоритетных загрязнителей агроферы в органах и тканях сельскохозяйственных животных. Поскольку в продовольственном обеспечении населения страны важное место принадлежит мясу, необходимо особое внимание уделять проблеме накопления в нем загрязнителей и влияния их на качество и экологическую безопасность.

Качество мяса определяется следующими показателями: химическими (содержание жира, протеина, соединительной ткани, минеральных веществ и витаминов); физическими (мягкость, сочность); микробиологическими (наличие микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности); визуальными и органолептическими (цвет, запах, вкус).

К убою допускают здоровых животных не моложе 14-дневного, а птицу – 30-дневного возраста. Убой животных, больных или находящихся под угрозой гибели (незаразные болезни, тяжелые травмы, отравления, ожоги и т. д.), может быть разрешен только в том случае, если мясо допускается в пищу людям, что предусматривается соответствующими инструкциями и правилами ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясопродуктов.

Ветеринарные специалисты, обслуживающие места убоя животных, несут ответственность за выпуск доброкачественного мяса и мясопродуктов и в необходимых случаях принимают меры по их обезвреживанию и утилизации.

После убоя животного в мясе происходят сложные биохимические и физико-химические процессы. В первые 3-5 ч мясо нежной консистенции обладает высокой влагоудерживающей способностью и набухаемостью, в дальнейшем мясо становится сухим и жестким. Однако при последующей выдержке оно приобретает нежность, аромат, сочность, лучше усваивается. При хранении в мясе происходит автолиз: белки и жиры распадаются на составные части. При этом накапливаются вещества, вызывающие изменение цвета, консистенции, вкуса и запаха.

Цвет мяса обусловлен наличием миоглобина (90 %) и гемоглобина (10 %). Светло-красный цвет говядины свидетельствует о хорошем обескровливании и свежести мяса, зеленая окраска – об образовании сульфомиоглобина в результате реакции миоглобина с сероводородом, который образуется при разложении серосодержащих белков микрофлоры.

Вкус и запах мяса обуславливают экстрактивные вещества, которые легко окисляются, неустойчивы к высокой температуре и при этом резко меняют свои свойства. Специфический вкус мяса различных видов животных зависит

от содержания в нем жирорастворимых соединений. Вкус и запах зависят от возраста, пола, состояния здоровья животных перед убоем и пр.

Пищевая ценность мяса зависит от содержания в нем белков, жиров, углеводов, минеральных и экстрактивных веществ, витаминов и др., биологическая – от качества белковых компонентов, их переваримости, а также сбалансированности аминокислотного состава.

Средний химический состав мяса приведен в табл. 13.

Таблица 13 - Средний химический состав мяса приведен

| Вид и категория упитанности | Содержание, % | | | | Энергетическая цен- ность, кДж |
|--------------------------------|---------------|-------|-----------|------|---|
| | во- ды | белка | жи- ра | золы | |
| Говядина I | 67,7 | 18,9 | 12,4 | 1,0 | 782 |
| Говядина II | 71,7 | 20,2 | 7,0 | 1,1 | 602 |
| Баранина I | 67,6 | 16,3 | 15,3 | 0,8 | 849 |
| Баранина II | 69,3 | 20,8 | 9,0 | 0,9 | 686 |
| Свинина I (бекон) | 54,8 | 16,4 | 27,8 | 0,8 | 1322 |
| Свинина II (мясная) | 51,6 | 14,6 | 33,0 | 0,6 | 1485 |
| Свинина III (жирная) | 38,7 | 11,4 | 49,3 | 0,8 | 2046 |

Вода и жир – наиболее динамичные компоненты. С увеличением в мясе количества жира снижается содержание воды, белков и минеральных веществ. С учетом наличия отдельных химических элементов в мясе (говядине, свинине) в среднем в нем содержится 67-72 % воды, 18-21 % белков и 7-13 % жира.

Потенциально опасные токсиканты мяса разделены на две группы. К первой группе относятся устойчивые неорганические ионы тяжелых и переходных металлов, радионуклиды, а также сложные органические вещества (гормоны, антибиотики и пестициды), способные не только сохраняться в мясных продуктах, но и вследствие химико-ферментативных и окислительных реакций претерпевать ряд превращений в структурные аналоги, многие из которых опасны для человека.

Вторая группа токсикантов – химические вещества, которые могут образовываться в мясных продуктах в результате разложения мышечной и костной ткани, либо продукты жизнедеятельности микрофлоры. К ним относятся нитрозамины – продукты разложения нитритных консервантов и азотсодержащих групп в аминокислотах белков мяса, пирены (бензопирен) и полихлорированные бифенилы – конечные и весьма стойкие продукты биохимической трансформации органических веществ первой группы, а также афлатоксины.

В районах интенсивного загрязнения окружающей среды токсическими элементами у животных возникают эндемические болезни. В хозяйствах распо-

ложенных в зоне экологического бедствия, после убоя животных выход мяса оказывается ниже нормативного на 1,5-2 %; туши плохо обескровливаются; ухудшаются технологические свойства готовой продукции вследствие повышенного содержания неполноценных белков соединительной ткани и различных токсикантов.

При выращивании животных в крупных комплексах 80-95 % мясного сырья имеют пороки (ДГД – темное, плотное, сухое и PSE – бледное, дряблое с низкой водосвязующей способностью), которые становятся генетически закрепленными у таких животных.

Накопление и локализация загрязнителей в органах и тканях зависят от их миграционных свойств, вида и возраста животных и других факторов.

Пестициды. В организм животных пестициды попадают с кормами и водой, а также в результате противоакарицидно-инсектицидных обработок животных. Так, в хозяйствах Челябинской области в крови коров установлено содержание остатков ДДТ, ДДД, хлорэтанола, ГХЦГ. В говядине и свинине, а также в печени, легких, сердце, внутреннем жире обнаружены остатки ДДТ, ГХЦГ, которые превышали ПДК в 1,2-19,5 раза.

Хлор- и фосфорорганические соединений не накапливаются в мышечной ткани говядины, наибольшая концентрация их обнаруживается в жировой ткани. Это объясняется тем, что такие токсиканты разрушаются в рубце. Хлорорганические пестициды (ХОП) активно накапливаются в подкожном и внутреннем жире, печени, железах внутренней секреции, головном и спинном мозге и удерживаются очень долго. Они выделяются главным образом с молоком, калом и в меньшей степени с мочой. Но основная масса ХОП в организме животных превращается в другие соединения с образованием более токсичных метаболитов.

Наиболее высокая концентрация пестицидов в баранине. С возрастом животных остаточное количество пестицидов увеличивается в их организме.

Для предотвращения накопления пестицидов в организме животных и снижения их содержания в мясе и других продуктах убоя рекомендуется не использовать в растениеводстве и животноводстве запрещенные препараты и исключить свободную продажу пестицидов всех видов; соблюдать установленные сроки убоя животных в зависимости от длительности выделения таких токсикантов и степени их опасности (от 3 до 60 сут).

Наиболее продолжительные сроки возможного убоя мелкого рогатого скота (60 сут) установлены для гамма-изомера ГХЦГ, обогащенного ГХЦГ, трихлорметафоса-3. Длительный срок предубойной выдержки (40 дней) определен для фозалона, гамма-изомеров ГХЦГ, 35 дней – для сульфидофоса, 30 – для амидофоса, байтекса, дурсбана.

Убой крупного рогатого скота, обработанного хлорофосом, ДДВФ (16 %-

ным раствором), диазиноном, дурсбаном, допускается через 21 сут.

Короткие сроки перед убоем установлены для циодрина (крупный рогатый скот – 10, кролики, овцы – 5 сут.), диброма (олени, крупный рогатый скот – 3, куры – 10), дерматозола (свиньи, крупный рогатый скот – 10), инсектола (крупный рогатый скот – 5 сут.), диазинона (14 сут.), неопинамина (5 сут.) и других препаратов.

Сроки проветривания животноводческих и птицеводческих помещений должны составлять от 1-3 сут. (фозалон, диазинос, трихлорметафос-3) до 1-1,5 ч (неопинамин).

Важно соблюдать сроки возможного выгона скота на обработанные пестицидами пастбища, а также сроки после обработки кормовых культур.

Введение на убойных предприятиях в схему биотехнологической обработки мяса, содержащего повышенное количество пестицидов второй группы (ФОС, ХОС и др.), тепловой обработки позволит снизить их содержание со 100 до 10 %. Отвар корня солодки 1 : 20, назначаемый коровам по 1 л с питьевой водой 1 раз в сутки при хроническом отравлении ГХЦГ в дозе 2 мг/кг массы тела, снижает всасывание препарата в кровь на 51 % и ускоряет выведение его с калом на 44-89 %. Более высокий эффект наступает при применении солодки через 3-5 ч после отравления. Добавляемый по 0,5 л/сут отвар корня солодки 1 : 20 в питьевую воду коровам в течение 40 дней в условиях загрязнения хлорорганическими препаратами кормов снижает всасывание в кровь ДДТ (по сумме метаболитов) на 29 %, а ГХЦГ (по сумме изомеров) на 100 %.

Нитраты и нитриты. Эти соединения попадают в организм животных с кормом и водой.

После скармливания валушкам нитрата калия в дозе 0,31 и 0,62 г/кг в течение 30 дней в организме животных отмечаются застойные явления, катаральный гастроэнтерит, небольшие кровоизлияния на серозных оболочках, в сердце, почках и дистрофические изменения в паренхиматозных органах. Одновременно накапливается избыточное количество нитратов и нитритов в мясе и паренхиматозных органах.

При остром отравлении крупного рогатого скота нитратом натрия содержание нитрат-иона в легких достигает 14,3 мг %, в почках – 28,6, в мышцах – 1,2-2,1 мг %.

Концентрация нитрат-ионов в говядине может быть в пределах 15-20 мг/кг, в свинине – 4-16 мг/кг. При этом количество нитрит-ионов составляет 0,6 и 0,7 мг/кг соответственно.

Вследствие повышенного содержания нитратов в кормах концентрация этих соединений в конском мясе находится в пределах 24-100 мг/кг (при норме 0,14 мг/кг).

В зависимости от породы крупного рогатого скота наибольшее количе-

ство нитратов накапливается в длинной мышце бычков (живой массой 400 кг и более) черно-пестрой и симментальской пород, наименьшее – у помесных бычков (черно-пестрая х голштинская). В средней пробе мяса высокое содержание нитратов отмечено у симментальских бычков, низкое – у помесных.

Содержание нитрат-ионов в мышечной ткани и во внутренних органах не более 30 мг/кг не представляет токсикологической опасности. В соответствии с Методическими указаниями по диагностике, профилактике и лечению отравлений сельскохозяйственных животных нитратами и нитритами допускается использовать мясо на пищевые цели с содержанием нитратов до 50 мг/кг и нитритов до 3 мг/кг.

Экологически безопасную говядину (в соответствии с медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества продовольственного сырья и пищевых продуктов) можно получать при доращивании и откорме бычков на рационах с содержанием нитратов до 0,42 % в сухом веществе корма.

Бактериальные токсины. После употребления мяса, обсемененного микроорганизмами, в частности золотистым стафилококком, могут возникать пищевые отравления, вызываемые энтеротоксинами.

Патогенные стафилококки продуцируют гистотоксин, гемо-токсин, энтеротоксин и лейкоцитин. Гистотоксин вызывает некроз тканей, гемотоксин обладает выраженным гемолитическим действием. Энтеротоксин обладает способностью вызывать энтерит, накапливается в молоке коров, больных маститом. Наличие такого токсина в молочных продуктах (сливки, творог) обуславливает пищевую стафилококковую токсикоинфекцию. Под воздействием лейкоцитина происходит распад и лизис лейкоцитов.

Токсины, выделяемые стафилококками, имеют белковую природу.

Продукты, полученные от здоровых и отдохнувших перед убоем животных, как правило, не содержат микроорганизмов. Прижизненное обсеменение органов и тканей животных микроорганизмами может наблюдаться у больных и утомленных животных (в результате стресса). Однако наиболее вероятно, что при убое животных и последующих операциях разделки туш микробы могут попадать в мясо и органы из окружающей среды (экзогенное обсеменение) и из желудочно-кишечного тракта (эндогенное обсеменение). В большинстве случаев это бациллы, клостридии, грамотрицательные палочковидные бактерии типа *Echerihia*, *Proteus*, попадающие из кишечника, а также кокковые бактерии, источниками которых оказываются кожа и шерстный покров животных.

Микробное обсеменение возможно и в процессе переработки сырья.

В сырье конкурирующая микрофлора подавляет размножение стафилококков. Но в случае гибели конкурирующей микрофлоры стафилококки могут активно размножаться и продуцировать энтеротоксины.

Микотоксины. Пищевые отравления – микотоксикозы вызываются микотоксинами, которые выделяют микроскопические грибы, размножающиеся в кормах и пищевых продуктах. Поэтому их можно обнаружить в мясе, молоке и яйцах; в результате миграции по трофической цепи они способны поражать не только животных, но и человека.

Заболевания, вызываемые микотоксинами, разделяют на алиментарные токсикозы (токсины поступают в организм через пищеварительный тракт) и алиментарно-респираторные токсикозы (токсины попадают в организм через пищеварительный тракт и органы дыхания).

Для живой клетки микотоксины вредны даже в очень незначительной концентрации. Механизм их действия обусловлен блокировкой таких жизненно важных аминокислот, как аланин, тирозин, триптофан, и образованием аминов. Амины даже в незначительных количествах могут интенсивно воздействовать на кровеносные сосуды (появляются кровоизлияния).

Тяжелая форма микотоксикоза отмечается у животных после поедания кукурузного зерна, пораженного грибом *Nigrospora oryzae*, выделяющим микотоксины. При скармливании животным заплесневелого зерна риса, загрязненного афлатоксинами, этот токсикант накапливается в печени, вызывая рак.

Печень поражают также стеригматоцистин и элаиномицин, который по своему действию подобен нитрозоаминам.

В случае острого отравления афлатоксином органом-мишенью является печень, в которой развиваются некроз и жировая инфильтрация, а при хроническом афлатоксикозе – цирроз и первичный рак печени.

К афлатоксину менее восприимчивы овцы, наиболее чувствительны молодняк уток, кур, индеек, а также кролики; свиньи занимают промежуточное положение.

Прионы. Так называют возбудителей группы болезней животных и человека, характеризующихся гистопатологическими изменениями в центральной нервной системе.

Термин «прион» (от англ. proteinaceous infectious particle) ввел впервые Prusiner S. B. в 1982 г.

К этой группе относятся следующие болезни животных: скрепи (болеют овцы и козы), трансмиссивная энцефалопатия норок, энцефалопатия экзотических копытных животных (антилопы и др.), губкообразная, или губчатая, энцефалопатия крупного рогатого скота и кошек. У людей отмечаются три подобных болезни: Куру, болезнь Крейтцфельда – Якоба (БКЯ) и фатальная семейная инсомния. Возбудители болезней могут быть патогенными для мышей, хомяков, крыс, обезьян.

Губчатая энцефалопатия крупного рогатого скота (бешенство коров) вызвала большую тревогу мировой общественности в связи с возможной опасно-

стью ее для людей.

Губчатая энцефалопатия коров – медленно развивающееся дегенеративное заболевание, характеризующееся поражением центральной нервной системы животного. Впервые оно было диагностировано в Великобритании в 1986 г.

Возбудителем губчатой энцефалопатии коров является инфекционный белок прион, сходный по строению с амилоидом, т. е. с патологическим белком человека, накопление которого в клетках и тканях организма ведет к заболеванию амилоидозом. В возбудителе нет нуклеиновых кислот (т. е. генетического материала, который необходим для репродукции). Прионы чрезвычайно устойчивы к большинству дезинфектантов. Все известные антимикробные препараты не влияют на прионы и на введенные в организм животных и человека такие белки не образуют эффективный иммунный ответ, что не позволяет создать соответствующие вакцины и сыворотки.

Результаты исследований молекулярной структуры приона позволили выдвинуть и обосновать гипотезу происхождения таких белков как следствие экологической катастрофы, вызванной неконтролируемым использованием пестицидов на основе фосфорорганических соединений.

Прионы обнаружены в мозге, лимфоузлах, селезенке, тимусе, почках, печени, спинномозговой жидкости и в крови, где размножаются в лимфоцитах. До 6-месячного возраста животного ни в одном из его органов инфекционный агент этой болезни не обнаружен.

Наиболее часто заражение происходит через пищеварительный тракт. В настоящее время не вызывает сомнения, что это заболевание появилось после скармливания крупному рогатому скоту мясо-костной муки, полученной при переработке туш овец, пораженных болезнью скрепи. Инкубационный период ее от 2 до 8 недель.

Зараженные животные становятся нервными, агрессивными, принимают неестественные позы, у них ухудшается координация движения и затрудняется вставание, теряется продуктивность при сохранении аппетита. Лечение не разработано. Гибель животных наступает через 2-6 мес. после появления клинических симптомов.

Чтобы уменьшить до минимума опасность поражения человека и жвачных животных губчатой энцефалопатией крупного рогатого скота, применяют ограничения, касающиеся головного и спинного мозга, глаз, миндалин, тимуса, селезенки и кишечника (от 12-перстной кишки до прямой включительно), а также продуктов, полученных из этих органов. Дополнительными гарантиями безопасности являются удаление и уничтожение нервных и лимфоидных тканей при расчленении туши. Эти ограничения должны применять в случае широкого распространения заболевания или если анализ факторов риска указывает

на возможность появления губчатого энцефалита крупного рогатого скота. Мясо от здоровых животных из районов, неблагополучных по губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота, безопасно и может быть использовано в пищу, так как его подвергают тепловой обработке, что значительно инактивирует агент, даже если он присутствовал в продукте. Для элементарного заражения животных требуются огромные дозы возбудителя (в 100 тыс. раз больше, чем при инокуляции через мозг). Даже если предположить, что в пищу человека попадает мясо животного, находящегося в инкубационном периоде, риск заражения маловероятен, поскольку органы, богатые лимфоидной тканью, и нервную ткань не употребляют в пищу.

В связи с отсутствием способов лечения животных, пораженных этой болезнью, основным мероприятием является профилактика. Основным методом профилактики – запрещение использования в корм крупному рогатому скоту мясо-костной муки из трупов и отходов переработки жвачных животных. Подозреваемый на губчатый энцефалит скот убивают, трупы сжигают или закапывают. В случае обнаружения инфицированного животного его уничтожают, а в хозяйстве устанавливают карантин. Остальных животных этого хозяйства забивают на бойне с последующим сжиганием. Головной мозг отбирают для подтверждения диагноза.

Молоко. Биологически полноценным считается молоко, если оно не содержит посторонних веществ, получено от здоровых животных, потребляющих высококачественные корма и воду.

Вкус молока ухудшается при скармливании коровам соломы и некачественного сена в больших количествах, при пастьбе на участках, засоренных крестоцветными, диким луком, полынью, тысячелистником, щавелем, молочаем, ромашкой и другими растениями (табл. 14).

Таблица 14 – Пороки запаха кормов включающие сорные растения

| Кормовые средства | Сорняки | Активные вкусовые и ароматические соединения | Пороки запаха и вкуса |
|-------------------------------|----------------------|--|-----------------------|
| Силос, неправильно сброженный | Разновидности лука | Масляная кислота | Прогорклый |
| Мороженая капуста | Лютиковые | Гексеналь | Кормовой |
| Рапс | Хвощ | Изобутилальдегид (2-метилпропанал) | » |
| Сурепка, горчица полевая | Горец птичий, щавель | Гексеналь | » |
| Браунколь | Калужница болотная | Ацетон | Запах силоса и коровы |
| Брюква | Пастушья сумка | Метилбутилкетон (n-гексанон-2) | Кормовой |

| | | | |
|------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|
| Люцерна | Редька полевая | α -Кетомасляная кислота | Запах любистока |
| Горох, вика | Рапс и разновидности горчицы, клоповник | Пропиламин | Кормовой (сена) |
| Люпин | Разновидности молочая | Гексиламин | Кормовой |
| Бобы | Тысячелистник | Триметиламиноксид | Свекольный |
| Зеленый овес | Купавка, маргаритки | Бетаин, метилмеркаптан, метилсульфид | Свекольный, капустный |
| Костер | Полынь горькая | Аллиловое горчичное масло | Луковый |
| Зеленая масса кукурузы | Цикорий | То же | » |
| Барда | Собачья петрушка и вех | β -Оксимасляная кислота | Запах коровы |
| Сено плесневелое | Мята, плющ | Ацетоуксусная кислота | То же |

От трав из семейства лютиковых молоко приобретает красноватый оттенок и горький вкус, от хвощей становится синеватым и быстро скисает, щавель является причиной быстрого свертывания молока, а полученные из него сливки плохо сбиваются в масло. Антисанитарное состояние помещения для скота и доения коров влияет на вкус и запах молока. Запах коровы и загона часто появляется в молоке в зимние месяцы и может быть обусловлен как составом воздуха в помещении, так и болезнью крупного рогатого скота – кетозом. При таком заболевании нарушается эндогенный энергетический обмен и происходит повышенное выделение кетонов. Ацетон в концентрации 25 млн^{-1} придает сырому молоку запах коровы.

Пороки запаха и вкуса могут быть обусловлены плохо вымытой емкостью и остатками моющих и дезинфицирующих средств в них и трубопроводах, образованием в нечистых емкостях продуктов белкового распада. Гидролитическая прогорклость вызывается липазами. Молоко стародойных коров также склонно к прогорканию. Прогорклый вкус молока может быть при инфекционных болезнях и т. д.

Непосредственное влияние на качество молока оказывает вода, используемая для поения животных и в технологических операциях, связанных с получением и первичной обработкой молока на молочных фермах (поение животных, санитарная обработка вымени, мойка оборудования, инвентаря и т. д.).

Поступающая на животноводческие предприятия вода должна отвечать требованиям ГОСТ 2874-88 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».

В организм лактирующих животных и непосредственно в молоко загрязнители попадают многочисленными путями (рисунок 9).



Рисунок 9 - Поступление токсических веществ при производстве молочных продуктов

Механические примеси и микробы попадают в молоко с поверхности вымени коров, кожи животного, рук доярок, из подстилки, доильных аппаратов, трубопроводов, фильтрующего материала, фляг, молочных цистерн и т. д. При этом около 20 % механических примесей растворяются в молоке, а возникшие при этом вторичные продукты не удаляются фильтрацией и центрифугированием.

При машинном доении около 90 % микрофлоры попадает в молоко из соответствующих загрязнителей на внутренних поверхностях трубопроводов.

Загрязнители поступают в молоко из среды обитания лактирующих животных, при транспортировке его на перерабатывающие предприятия и с остаточной водой, применяемой для мойки технологического оборудования. Загрязнение молочных продуктов зависит также от упаковочных материалов, условий хранения и реализации полученных продуктов. Следовательно, для экологической безопасности продуктов необходимо прежде всего обеспечить требуемое качество молока-сырья.

Пестициды. В зависимости от сезона концентрация ХОП в молоке достигает 1,11 мг/л. Содержание изомеров гексахлорана в молоке в ряде случаев превышает допустимый уровень в 50 раз.

В сельском хозяйстве используют около 300 тыс. различных ядохимикатов. В нашей стране установлены максимально допустимые уровни (МДУ) их содержания в пищевых продуктах. В молоке и молочных продуктах допускаются остаточные количества только гексахлорана (не более 0,05 мг/кг), ГХЦГ (не более 0,01 мг/кг) и ДЦТ (не более 0,01 мг/кг).

Поскольку не исключается содержание пестицидов в молоке выше максимально допустимых уровней, актуальной остается проблема детоксикации кормов, молока и молочных продуктов. Так, используемые в рационе коров в виде кормовых добавок мелкодисперсный диоксид кремния (препараты атокс и белая сажа), смесь активного угля и нанесенного на пшеничные отруби аскорбината цинка (аскорб), природные гидроалюмосиликаты (ЛПКЛ) и др. не оказывают отрицательного влияния на физиологическое состояние и продуктивность животных, но проявляют выраженные сорбционные свойства.

Во избежание загрязнения молока пестицидами при использовании их для защиты лактирующих коров от насекомых и клещей необходимо строго соблюдать ветеринарно-санитарные требования, сроки после обработки лактирующих коров для использования молока в пищу, особенно в детских и лечебных учреждениях, а также сроки, по истечении которых допускается выпас скота на участках, обработанных пестицидами. После обработки животных предусматривается обязательное обезвреживание кормушек и поилок.

Запрещается обработка лактирующих коров стойкими, высокотоксичными препаратами (на основе фозалона, гамма-изомера ГХЦГ, диазинона, амидофоса, севина, сульфидофоса, трихлорметафоса-3, дурсбана, активированного креолина, хлорофоса).

В случае отравления лактирующих животных или получавших корма, загрязненные пестицидами, в животноводческой продукции необходимо определять содержание соответствующих токсикантов и их метаболитов.

В процессе нормализации, гомогенизации и тепловой обработки сырья при температуре 95-99 °С γ -ГХЦГ и его изомеры разрушаются, поэтому в готовом продукте общее содержание ХОП снижается на 50 %. Остаточное количество гексахлорана уменьшается до нижедопустимого. Пастеризация и сквашивание молока способствуют разрушению ХОП. Кислая среда (рН 4,5-4,7) и подогрев образовавшейся створоженной массы (до 48-53 °С) приводят практически к полному разрушению ХОП в творожном сгустке и твороге.

Тяжелые металлы. Присутствие тяжелых металлов (цинка, свинца, кадмия и меди) в молоке и молочных продуктах прямо связано с экологическим состоянием окружающей среды. Основными источниками их являются корма и вода.

Концентрация химических элементов в почве, рационе, молоке и коэффициенты их перехода в молоко (K_p из рациона и K_n из почвы) по этой цепи

приведены в табл. 15.

Таблица 15 - Концентрация химических элементов в почве, рационе, молоке и коэффициенты их перехода в молоко

| Химические элементы | Почва, мг/кг | Сено, мг/кг г | Силос, мг/кг г | Сенаж, мг/кг г | Фуражна я мука, мг/кг г | Свекла, мг/кг г | Рацион, мг/кг г | Молоко, мг/кг | К _р , % | К _н , % | ПДК, мг/кг |
|---------------------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------|------------|
| Pb | 12,6 | 1,7 | 0,26 | 0,97 | 0,23 | 0,25 | 33,2 | 0,12 | 0,36 | 0,95 | 0,05 |
| Ni | 24,4 | 0,8 | 0,22 | 0,87 | 1,60 | 0,25 | 29,7 | 0,02 | 0,067 | 0,082 | 0,10 |
| Zn | 56,4 | 2,3 | 2,40 | 8,30 | 2,50 | 4,20 | 192 | 1,80 | 0,94 | 3,19 | 5,0 |
| Si | 15,6 | 4,6 | 0,32 | 2,85 | 3,10 | 0,88 | 104 | 0,08 | 0,077 | 0,51 | 0,5 |
| Cr | 19,1 | 0,9 | 0,11 | 0,41 | 0,30 | 0,09 | 16,6 | 0,05 | 0,30 | 0,26 | 0,1 |
| Cd | 0,19 | 0,3 | 0,02 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 7,5 | 0,003 | 0,04 | 1,57 | 0,01 |
| Fe | 7350 | 97 | 30,1 | 82,8 | 140 | 14,3 | 200 | 0,59 | 0,02 | 0,003 | 3,0 |
| Co | 10,6 | 0,10 | 0,02 | 0,06 | 0,20 | 0,01 | 2,9 | 0,007 | 0,24 | 0,066 | 0,006 |
| Mn | 379,4 | 29,0 | 5,59 | 29,4 | 31,0 | 5,50 | 855 | 0,10 | 0,012 | 0,026 | 0,3 |

Коэффициент перехода тяжелых металлов из рациона в молоко в летне-пастбищный период выше, чем в зимне-стойловый. Это можно объяснить дополнительным поступлением техногенных загрязнителей в организм животных с дерниной и почвенными частицами, поскольку содержание тяжелых металлов в них значительно выше, чем в растительности.

В результате обследования качества молока в Ленинградской, Рязанской и Московской областях установлено, что в более чем 50 % молока содержание свинца и кадмия превышало нормируемый уровень. В большинстве хозяйств Белгородской области концентрация меди и свинца в молоке превышала ПДК в 0,6 и 2,5 раза соответственно. В сливочном масле количество этих элементов оказалось значительно ниже, чем в исходном молоке. В хозяйствах Уральского региона содержание свинца, цинка, железа и кадмия в молоке, как правило, превышало МДУ в 2-5 раз.

Концентрация меди в молоке резко увеличивается в пастбищный период после обработки лугов медьсодержащими препаратами. Количество железа в молоке повышается к сентябрю и на этом уровне удерживается до конца года, а затем снижается к июлю до минимума. Содержание ртути в молоке достигает максимальных показателей в ноябре, а в декабре уменьшается.

Содержание свинца особенно велико в молоке, получаемом в зонах, расположенных вблизи шоссе дорог, заводов по производству и переработке

свинца. В течение года содержание свинца снижается от зимы к лету. Свинец попадает в молоко коров из зеленых трав и сена, содержащих этот элемент, и непосредственно из воздуха.

В процессе переработки молока-сырья распределение загрязнителей в получаемых продуктах имеет определенную закономерность. Так, если принять содержание некоторых тяжелых металлов в исходном молоке за 100 %, то о количестве их в продуктах, полученных из молока, можно судить по данным табл. 16.

Таблица 16 - Содержание тяжелых металлов в продуктах переработки молока

| Продукты | Медь | Железо | Цинк | Кадмий |
|---------------------|-------|--------|----------|--------|
| Молоко обезжиренное | 70-73 | 52-58 | 98 | 95-97 |
| Казеин | | | | |
| кислотный | 37-50 | 29-33 | 6-8 | 15-20 |
| сухой | - | - | 27-46 | - |
| Сывороточные белки | - | - | 2-4 | 6-7 |
| Сыворотка | 20-27 | - | 45-57 | 63-65 |
| кислая | 20-27 | - | 45-57 | - |
| сычужная | - | - | - | - |
| Сливки 35-40 % жира | 25-32 | 10-50 | 6-7 | 5 |
| Молочный жир | - | - | 0,05-0,2 | - |
| Масло сливочное | 5-10 | - | 1-1,5 | 3-10 |
| Пахта | 11-22 | - | 5-6 | 3,5-7 |

Концентрацию тяжелых металлов можно снизить сепарированием и переработкой молока в молочные продукты. Основное количество ртути в молоке (около 70 %) связывается казеином, около 10 % – сывороточными белками и около 20 % переходит в жировую фракцию, что позволяет определять количество токсического элемента, перешедшее в готовый продукт из исходного сырья. В сливочное масло переходит менее 5 % ртути от ее уровня в исходном молоке и около 16 % – в пахту. В связи с этим, применяя различные технологии переработки, можно рационально обезвреживать и использовать молоко, загрязненное ртутьсодержащими соединениями.

Установлено, что медь, цинк, кадмий, ртуть, свинец, марганец и никель сорбируются преимущественно (более 50 %) творогом. В сливочном масле содержатся доли процента этих загрязнителей, в растворимом белке – от 1,4 до 26,4 %, в безбелковой фракции сыворотки – от 1,4 до 30%. Значительное количество железа (до 40 %), основная масса хрома (более 70 %) и мышьяка находятся в безбелковой фракции сыворотки.

Следовательно, из молока, загрязненного тяжелыми металлами, можно

получать молочные продукты, удовлетворяющие нормативным требованиям, следующими способами: перераспределением тяжелых металлов по отдельным фракциям в процессе заводской переработки молока; экстракцией тяжелых металлов, сорбированных белками (творогом и растворимыми белками), в результате обработки твердых фаз раствором террона; сочетанием этих способов.

Для улучшения обменных процессов в организме лактирующих коров, снижения остаточных количеств тяжелых металлов в молоке и повышения его биологической ценности рекомендовано применять в качестве добавок к рациону атокс из расчета 20 г на одно животное в сутки или 40 мг/кг массы тела; белую сажу – 30 г из расчета на одну корову в сутки или 60 мг/кг ее массы.

Для получения экологически безопасного молока по тяжелым металлам и улучшения минерального питания, а также повышения молочной продуктивности коров рекомендуется включать в рационы дойных коров ирлит-1 (цеолит-содержащий туф) в количестве 10 г/кг сухого вещества рациона.

С такой же целью предложено включать в рацион лактирующих коров 30 г/гол/сут муки из листьев, стеблей и семян щавеля конского, такое же количество муки стеблей подсолнечника и листьев перца.

Кроме того, для снижения содержания тяжелых металлов в молоке необходимо:

- в хозяйствах и регионах, возделывающих рапс, готовить пасту и масло из его семян и использовать в производстве молока, менее загрязненного тяжелыми металлами (Cd, Zn, Cu, As, Hg, Pb). Во избежание избыточного накопления свинца в молоке лактирующим коровам следует скармливать не более 20 мл рапсового масла в расчете на одно животное в сутки (в смеси с зерновыми концентратами, комбикормами);

- в специализированных овощеводческих хозяйствах целесообразно наладить производство и использование сушеной моркови (по 30-50 г/гол/сут), а также свеклы столовой (по 30 г/гол/сут.);

- для обеспечения организма лактирующих коров комплексом водорастворимых витаминов В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂ необходимо включать в рационы 1 мл хвойного натурального экстракта в расчете на одно животное в сутки. В таком препарате водной вытяжки содержатся витамины В₁, В₂, В₃, В₅, В₁₂, биотин и С.

Для восполнения дефицита ряда витаминов необходимо применять в рационе животных хвойный экстракт. Следует отметить, что включение хвойного экстракта в рацион молочных коров в количестве 1 мл/гол/сут. позволяет снизить переход из корма в молоко олова в 2,76-4 раза, кадмия – 3-5, хрома – в 1,1-4,2 раза.

После перевода лактирующих коров с силосного на сенажный рацион поступление хрома в организм животных снижается в 3,3 раза.

В результате при фильтрации молока через растительный препарат «Био-

сорб» содержание свинца в фильтрате ниже, чем в исходном сырье, на 7–13 %, цинка – на 27-32, меди – на 36-41 %.

Нитраты, нитриты, нитрозоамины. Накопление азотистых соединений в сельскохозяйственном сырье и пищевых продуктах в значительной степени связано с техногенным загрязнением окружающей среды и нарушениями агротехнологий.

К антропогенным факторам нарушения экологического равновесия азота в агроэкосистемах относятся разрушение почвенного покрова при распашке целины, дефляция и эрозия почв и другие агротехнические воздействия, неправильное использование органических и азотных удобрений, бытовые и промышленные отходы, кислотные дожди, вырубка лесов и пр.

В организм коровы нитраты поступают в основном с кормом и водой, причем в пастбищный период больше, чем в стойловый. Концентрация нитрат-ионов в крови коров изменяется в широких пределах (от 0 до 2,5 %). Содержание нитратов в молоке имеет четко обозначенную сезонную динамику: максимальное в пастбищный и в начале стойлового периода, когда коровы поедают корма с высокой концентрацией нитратов (табл. 17).

Таблица 17 - Содержание нитратов в молоке

| Месяц | Содержание нитратов | |
|----------|----------------------------|---------------------------|
| | в кормах рациона, мг/кг | в сборном молоке, мг/л |
| Май | 20,04-34,12 | 19,02-16,90 |
| Июнь | 7,50-17,70 | 15,90-21,20 |
| Сентябрь | 21,10-26,60 | 13,20-19,80 |
| Ноябрь | 221,25-336,11 | 20,80-27,89 |

Высокое содержание нитратов в молоке в начале стойлового периода объясняется интенсивной загрязненностью этими соединениями кормов, заготовленных в летний период.

При использовании избыточных доз минеральных удобрений на кормовых угодьях накопление нитратов по биологической цепи превышает ПДК (табл. 18).

Таблица 18 – Содержание нитратов в некоторых кормах

| Корм | ПДК, мг/кг | Содержание нитратов, мг/кг |
|---------------|------------|----------------------------|
| Травяная мука | 800 | 2754 |
| Сено | 500 | 776 |
| Зеленая трава | 200 | 805 |

| | | |
|---------------------|----|----|
| Обезжиренное молоко | - | 29 |
| Цельное молоко | 25 | 54 |

При использовании кормов с высоким содержанием нитратов повышается концентрация их в крови и молоке лактирующих коров.

Из кормовых культур источником большого количества нитратов, поступающих в организм животных, является кормовая свекла. Значительное накопление нитратов в ней возможно также в процессе хранения.

При концентратном типе кормления скота выделение их с молоком более интенсивное, чем при поступлении с кормом при высоком уровне сахаропротеинового отношения.

Практический интерес представляет коэффициент перехода нитратов и нитритов из рациона в молоко, так как, пользуясь им, можно регулировать поступление этих соединений из кормов в организм животных с целью получения безопасного их уровня в продукции.

Установлено, что коэффициент перехода нитратов из кормов в молоко находится в пределах от 1,18 до 4,2 %, нитритов – от 0,06 до 0,15%.

Максимальный уровень нитратов для лактирующих коров не должен превышать 0,2 % от сухого вещества рациона.

Содержание нитратов в молоке 30,1-108,9 мг/л не влияет на молочнокислое брожение: при более высокой концентрации изменяются органолептические свойства продукта, а при содержании их в пределах от 404,9 до 1814,6 мг/л нарушается процесс молочнокислого брожения.

При содержании в кормах для коров 0,26 г нитратов на 1 кг массы тела в молоке обнаруживается до 5 мкг нитроздиметиламина в 1 л молока.

Возможность образования нитрозоаминов в организме сельскохозяйственных животных изучена недостаточно. Мало известно об эндогенном образовании канцерогенных нитрозоаминов в организме животных и переходе их в животноводческую продукцию. Противоречивы данные и о загрязнении нитрозоаминами кормов для сельскохозяйственных животных.

Чтобы предотвратить накопление в молоке нитрозосоединений при выпасе молочных коров на участках, удобренных высокими дозами азотных удобрений, необходимо вводить в рацион корма, богатые углеводами: мелко нарезанную солому из ячменя, сухую свеклу и сухой свекольный жом. Углеводно-белковое соотношение в рационе должно быть близким к 1 : 1. В результате добавления в рацион коров аскорбината натрия в дозе 60 г/сут животному в течение 5 сут содержание нитратов в молоке уменьшается на 26,1 %, нитритов — на 20,1 %. Мелкодисперсный диоксид кремния (атокс и белая сажа), смесь активного угля и нанесенного на пшеничные отруби аскорбината цинка (аскосорб), природные гидроалюмосиликаты (ЛПКД и др.) проявляют выраженные сорб-

ционные свойства к нитрат-ионам, положительно влияют на белковый, липидный и минеральный обмен, усвоение витаминов А и С. Препараты действуют как энтеросорбенты: способствуют выделению токсичных веществ с калом, предотвращают их всасывание в кровь и накопление в организме, снижают уровень выделения с молоком. Для получения молока и молочных продуктов, не содержащих нитраты, у активизирующим коровам следует скармливать бобово-злаковые травосмеси, выращенные без азотных удобрений.

Аскорбиновая кислота и ее производные, пропилгаллат, токоферолы, цистеин, сульфаниловая и галловая кислоты, фенолы (гваякол, крезол), азотсодержащие гетероциклические соединения (пирол, индол и др.), танин, йодистый калий резко тормозят образование нитрозоаминов. К ингибиторам нитрозоаминов относятся витамины РР, В₁, В₂, В и, органические кислоты (щавелевая, пировиноградная, тиобарбитуровая, молочная, сорбиновая, лимонная) и аминокислоты (аспарагиновая, цистеин, глютамин, метионин, триптофан, нингидрин).

Перспективные способы удаления нитратов из молока – электродиализ и ультрафильтрация, позволяющие снизить содержание нитросоединений в молоке на 50-60 %. Содержание нитратов снижается с уменьшением в молочных продуктах массовой доли белка. Вследствие этого вероятность значительного количества нитратов или нитритов в сливочном масле мала.

Таким образом, получение экологически безопасного молока и молочных продуктов по содержанию в них нитратов возможно.

Радионуклиды. В экологическом отношении наиболее важно установить закономерность миграции ⁹⁰Sr, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, которые более активно поступают в животноводческую продукцию, особенно в молоко, чем другие радионуклиды.

Качество молока и молочных продуктов находится в прямой зависимости от интенсивности загрязнения кормов радионуклидами. Более высокая активность ¹³⁷Cs проявляется в сене, соломе, сенаже и траве. Максимальное количество радионуклидов выводится из организма коров с калом и мочой. С молоком выводится 4,7 % ¹³⁷Cs и 3,3 % ⁹⁰S.

Представляет интерес закономерность перехода радионуклидов в молоко в разные периоды содержания лактирующих животных (табл. 19).

Таблица 19 - Содержание радионуклидов в молоке

| Показатели | Период | |
|---|------------|-----------|
| | пастбищный | стойлово- |
| Концентрация ¹³⁷ Cs в молоке, Ки/л•10 ⁻⁸ _n | 2,66 | 1,20 |

| | | |
|---|------|------|
| Коэффициент ^{137}Cs в звене почва – молоко | 0,09 | 0,04 |
| корм – молоко | 1,0 | 0,6 |

В молоке выпасавшихся коров концентрация ^{137}Cs в 2,4 раза выше, чем при стойлово-выгульном содержании. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в звене почва – молоко и корм – молоко соответственно составляют 2,2 и 1,7. Различие это вызвано тем, что при выпасе животных в их организм, кроме корма, попадают высокоактивные почвенные частицы верхнего слоя дернины, что обуславливает дополнительный источник поступления радионуклида в организм и в конечном итоге в молоко.

С суточным удоем молока может выделяться 0,2-5 % стронция и 5-9 % цезия от суточного поступления их в организм коровы.

Выявлена закономерность выведения радионуклидов в течение суток. В молоке утреннего удоя содержание их максимальное – 26Бк/л (100%), днем 23 Бк/л (88,5%), вечером минимальное – 19Бк/л(73%).

Коэффициенты перехода радионуклидов в условиях их длительного поступления из рациона в молоко коров (равновесное накопление и выведение), % суточного поступления в 1 л удоя, приведены ниже (табл. 25).

Увеличение содержания тяжелых металлов в рационе коров сопровождается повышенным переходом ^{137}Cs в молоко.

Снизить поступление радионуклидов в кормовые культуры, а следовательно, и в молоко можно подбором видов и сортов растений, способных минимально накапливать такие вещества.

Выведению из организма радиоактивных веществ способствуют сельскохозяйственные культуры, повышающие молокоотдачу (тыква, свекла, арбузы, морковь, яблоки, марена красильная, толокнянка). Применение в стойловый период кормовой свеклы и сушеного картофеля из расчета 50 г/гол/сут приводит к снижению уровня интенсивности перехода ^{137}Cs и ^{40}K из кормов в молоко (табл. 20).

Таблица 20 - Коэффициенты перехода радионуклидов

| Радионуклиды | Коэффициент перехода | Радионуклиды | Коэффициент перехода |
|------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| ^3H | 1 | ^{109}Ag | 5 |
| ^7Be | $5 \cdot 10^{-5}$ | ^{125}Sb | $2 \cdot 10^{-3}$ |
| ^{14}C | 2 | $^{129,131}\text{I}$ | 1 |
| ^{22}Na | 1 | $^{134,137}\text{Cs}$ | 1 |
| ^{32}P | 3 | ^{140}Ba | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| ^{35}S | 2 | ^{140}La | $3 \cdot 10^{-4}$ |

| | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| ⁴⁰ K | 1 | ^{144,144} Ce | 1·10 ⁻⁴ |
| ⁴⁵ Ca | 1 | ¹⁴³ Pr | 5·10 ⁻⁴ |
| ⁵¹ Cr | 2·10 ⁻¹ | ¹⁴⁷ Pm | 10 ⁻⁴ |
| ⁵⁹ Ni | 7·10 ⁻¹ | ¹⁴⁷ Nd | 5·10 ⁻⁴ |
| ⁵⁹ Fe | 3·10 ⁻³ | ¹⁸⁵ W | 5·10 ⁻³ |
| ⁶⁰ Co | 3·10 ⁻² | ²⁰³ Hg | 3 |
| ⁶⁴ Cu | 1 | ²¹⁰ Po | 3·10 ⁻² |
| ⁶⁵ Zn | 6·10 ⁻¹ | ²¹⁰ Pb | 6·10 ⁻² |
| ^{89,90} Sr | 1,5·10 ⁻¹ | ²²⁶ Ra | 1 |
| ^{90,91} Y | 10 ⁻⁴ | ²³⁷ Np | 5·10 ⁻⁴ |
| ⁹⁵ Zr | 10 ⁻⁴ | ²³⁸ U | 5·10 ⁻² |
| ⁹⁵ Nb | 10 ⁻⁴ | ^{239,240} Pu | 1·10 ⁻⁵ |
| ⁹⁹ Mo | 9·10 ⁻² | ²⁴¹ Am | 4·10 ⁻⁵ |
| ^{103,106} Ru | 1,4·10 ⁻² | ²⁴⁴ Cm | 2·10 ⁻³ |

Существенную роль в изменении содержания радионуклидов в молоке играет аскорбиновая кислота. В сочетании с кормовой свеклой и картофелем ее можно использовать в корм лактирующим коровам с целью получения экологически безопасного молока.

При использовании в рационах снхти обыкновенной в среднем за сутки с молоком выводится 6,2 %, с мочой 8, с калом 39,4 % радиоактивного цезия от общего количества поступившего с рационом. С этой же целью можно использовать комбинированный силос или брикеты из высушенной травы и концентрированных кормов с добавкой минеральных солей. Введение в суточный рацион коров бентонита и каолинита в дозе 250 г/гол снижает уровень радиоактивного цезия в молоке на 20-30 %. Добавление бентонита из расчета 300 г/гол/сут способствует снижению радиоцезия в молоке на 62 %. Добавки в рацион лактирующих коров мела 150-300 г/сут и костной муки 180г/сут снижают содержание ⁹⁰Sr в молоке на 35-40 %. Включение в рацион коров льняного масла в дозе 10 мл/гол/сут приводит к полной очистке молока от ¹³⁷Cs и ⁴⁰K.

Высокоэффективным сорбентом, предотвращающим усвоение цезия в желудочно-кишечном тракте, является ферроцин в виде болюсов (состав: ферроцин, сульфат бария, пчелиный воск). Дойным коровам давали внутрь по два таких болюса. Содержание радиоцезия в молоке снижалось в 2,9 раза через 10 дней после дачи болюсов.

Ежедневное введение в рацион лактирующих коров препарата Бифеж (композиционный сорбент изотопов цезия на основе измельченной древесины хвойных пород, содержащий до 10 % ферроцианида железа) в дозе 30—120 г/животное обеспечивает примерно равнозначное с ферроцином снижение перехода изотопов цезия в молоко.

Во ВНИМИ совместно с сотрудниками Института физической химии Российской Академии наук разработана и защищена патентом принципиально новая технология дезактивации молока от радиоактивного цезия. Предусматри-

ваются очистка регенерирующего раствора и повторное использование его в цикле регенерации. Для очистки растворов от радионуклида применяют ферроцианидные сорбенты с последующим их захоронением в специально отведенных хранилищах.

Дезактивированное (очищенное) молоко не отличается от исходного и соответствует требованиям действующего ГОСТа (концентрация радионуклидов примерно в 10 раз ниже, чем в исходном молоке). Технология позволяет обезвредить молоко от радиоактивных стронция, цезия и йода.

Сельскохозяйственные животные отличаются мощным биологическим барьером. В этом большую роль играют избирательная проницаемость клеточных мембран желудочно-кишечного тракта, функции внутренних органов и выделительных систем, направленных на поддержание гомеостаза и в десятки раз снижающих поступление токсикантов в животноводческую продукцию.

Временные допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция-90 в пищевых продуктах (ВДУ-91) приведены ниже (табл. 21).

Таблица 21 - Уровень содержания радионуклидов в пищевых продуктах

| Продукты | Удельная активность, Ки/кг, Ки/л |
|---|----------------------------------|
| Цезий | |
| Молоко, кисломолочные продукты, сметана, творог, сыр, сливочное масло | $1 \cdot 10^{-8}$ |
| Молоко сгущенное и концентрированное | $3 \cdot 10^{-8}$ |
| Молоко сухое | $5 \cdot 10^{-8}$ |
| Специализированные продукты детского пи- | |
| Стронций-90 | |
| Молоко натуральное и молочные продукты | $1 \cdot 10^{-9}$ |
| Молоко сухое | $5 \cdot 10^{-9}$ |
| Молоко сгущенное | $3 \cdot 10^{-9}$ |
| Специализированные продукты детского питания всех видов, готовые к употреблению | $1 \cdot 10^{-10}$ |

Данные о переходе ^{137}Cs из загрязненного молока в молочные продукты приведены ниже (табл. 22).

Таблица 22 - Переход ^{137}Cs из загрязненного молока в молочные продукты

| Продукты | Процент сохранения ^{137}Cs от первоначального содержания |
|----------|--|
| | |

| | |
|----------------------------------|-----|
| Молоко цельное | 100 |
| Молоко обезжиренное | 90 |
| Масло 70%-ной жирности | 15 |
| Творог обезжиренный | 30 |
| Топленое масло | 0,6 |
| Сливки, сметана 20%-ной жирности | 70 |
| Сметана 40%-ной жирности | 20 |
| Казеин пищевой | 30 |

Радионуклиды цезия и стронция не связаны с жировой фракцией молока, поэтому соли радиоцезия переходят в водную фазу (сыворотку). С учетом этого переработка молока на жирные молочные продукты существенно снижает поступление радионуклидов в пищевую цепочку: в сливки переходит 4,5-10 % ^{137}Cs , 7,5 % ^{90}Sr , в масло соответственно 0,2-1 и 0,5 %.

При сепарировании молока в сливки переходит до 10 % ^{137}Cs , 2,7-5,2 % ^{90}Sr . Получение сливок с последующим разбавлением их чистой кипяченой водой способствует снижению содержания ^{137}Cs в продуктах питания. В пахте остается 95 % цезия и 93 % стронция, поэтому ее нельзя использовать в качестве откорма для свиней и птицы. При производстве рассольных сыров, например брынзы, радиоактивный цезий переходит в рассол, а при изготовлении сыра сусанинский – в промывную воду.

Удельная радиоактивность молочных продуктов, вырабатываемых без выпаривания или сушки, находится в прямой зависимости от массовой доли влаги в них. Прежде всего это относится к сливочному маслу, вырабатываемому из высокожирных сливок или способом непрерывного сбивания, и особенно к топленому маслу. Массовая доля влаги в топленом масле не превышает 1 %, что как минимум в 87 раз ниже массовой доли влаги в молоке.

Таким образом, даже при радиоактивном загрязнении окружающей среды можно получать экологически безопасное молоко.

Если же основные компоненты окружающей среды (почва, вода, растения) интенсивно загрязнены радионуклидами и производство экологически безопасной животноводческой продукции технически невозможно, вернее экономически нецелесообразно, то следует перепрофилировать отрасли сельского хозяйства или прекратить производство такой продукции с последующей дезактивацией загрязненных земель.

Микотоксины. О загрязнении молока микотоксинами в последнее десятилетие имеются лишь единичные публикации.

Известно, что афлатоксины попадают в молоко преимущественно при кормлении лактирующих коров сухими кормами, силосом, жомом, жмыхами и др.

Следовые концентрации (примерно 0,5 мкг/л) токсина М-1 – метаболита афлатоксина В-1 обнаружены в сборном молоке в одном из хозяйств Алтайского края. Это свидетельствует о загрязненности кормов в хозяйстве указанным токсикантом. В специальной литературе имеются данные о том, что с молоком коров, потреблявших корм, загрязненный токсином В-1, может выделяться до 3 % этого метаболита.

По данным В. А. Тутельяна, в молоке, молочных продуктах и продуктах детского питания случаи выявления афлатоксинов в количествах, превышающих ПДК, за последние годы не отмечены.

Бактериальные токсины. Продуцентами токсинов являются стафилококки. Размножаясь в молоке, стафилококки выделяют энтеротоксин.

В цельном молоке стафилококки – слабые конкуренты другим микроорганизмам, поэтому они более активно размножаются и выделяют токсин в пастеризованном молоке. Этим объясняется отсутствие их в кисломолочных продуктах, для закваски которых используют молочнокислые культуры.

Стафилококки продуцируют токсины в молоке при комнатной температуре через 8 ч, при 35-37 °С – через 5 ч.

Кроме того, в сыром молоке может быть шига-подобный токсин или веротоксин (VTEC), продуцируемый серовариантом 0157:H7E.coli.

Диоксины. Диоксины активно накапливаются в органах и тканях лактирующих коров. При этом опасность диоксинов заключается в способности экскретироваться с молоком.

В молоке особенно опасно наличие ПХДД, ПХДФ, ПХБ, так называемых супертоксикантов, веществ, оказывающих негативное воздействие прежде всего на здоровье детей даже в малых дозах (10^{-9} - 10^{-14} г/г). В промышленно развитых странах в связи с принятием норм по диоксинам выявлены группы риска, прежде всего дети, потребляющие значительно больше молока, чем взрослые.

Диоксины накапливаются в организме коров при выпасе близ металлургических предприятий, локализуясь в основном в жировой ткани. Такие токсиканты могут распределяться в молоке в упаковке из бумажного материала, который может стать источником диоксинов.

В молоке и молочных продуктах обнаруживают ПХДД и ПХДФ в количестве 20 % от дозы, принятой с кормом. Фактическая концентрация диоксинов в молоке составляет 0,7-8,8 нг/кг при максимально допустимой концентрации их в пищевых продуктах – 0,036 нг/кг.

Микроорганизмы. Молоко поступает из соска вымени здоровой коровы практически стерильным (за исключением первых струек). Нетипичные для молока микроорганизмы попадают в него при заболеваниях животного и из окружающей среды.

Интенсивное обсеменение сырого молока мезофильными микроорганиз-

мами и низкий коли-титр свидетельствуют о грубых нарушениях санитарно-гигиенических условий его получения, хранения и транспортировки.

В молоке доминируют стрептококки (от 9,2 до 22,4 %), эшерихии (от 16,9 до 17,3 %), стафилококки (от 6,6 до 8,9 %).

Высокая обсемененность сырого молока *Staphylococcus aureus* (в 46,15 % проб) и *Streptococcus haemolyticus* (в 28 % проб) косвенно свидетельствует о неблагополучии коров по маститу.

Сырое молоко, содержащее *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus haemolyticus*, патогенные сероварианты кишечной палочки 055, 0111, 0119, 0127; *Salmonella moscow* и *Salmonella enteritidis*, может быть потенциально опасным для здоровья людей.

В молоке высшего и первого классов доминируют лактококки (82,1 и 78,03 %), а второго класса наряду с лактококками (58,15 %) присутствуют стрептококки (14,09 %), БГКП (9,14 %), стафилококки (5,92 %), коринобактерии (4,21 %), энтерококки (4,03 %), микрококки (3 %), дрожжи и плесени (1,45 %), а также психотрофные бактерии. В молоке с пороком вкуса (горьком) преобладают психотрофные бактерии; из них псевдомонады составляют 51,33 %, бактерии родов *Alcaligenes* – 25,5 %, *Achromobacter* – 11,54 %, *Flavobacterium* – 9,94 % и другие микроорганизмы – 1,69 %. Горький вкус возникает в молоке, в котором, как правило, обнаруживается не менее 1 млн/см³ психотрофных бактерий при условии незначительного содержания лактококков. Горький вкус появляется в молоке через 6-12 ч после обсеменения его *P. fluorescens* в концентрации до 1 млн/см³. *M. viscosus* может вызвать порок тягучесть после попадания его в молоко в концентрации не менее 800 тыс/см³ через 2-3 ч. Появление порока молока и молочных продуктов исключается при хранении их в течение суток в случае, если количество психотрофных микроорганизмов в них не превышает $1,25 \cdot 10^5$ /см³ при температуре хранения 4-5 °С; $6,25 \cdot 10^4$ – при 7-8 °С и до 10^2 микроорганизмов – при 10-12 °С.

Из молока выделен бруцеллезный антиген. В неблагополучных по туберкулезу хозяйствах в молоке обнаруживают микробактерии бычьего вида (*M. bovis*) в первые 10 дней после отела. Молоко может быть обсеменено кампилобактериями, которые являются этиологическим фактором кампилобактериоза у детей чаще до двухлетнего возраста. Молоко и молочные продукты могут быть загрязнены листериями, микоплазмами, йерсиниями.

В молоко попадают бактерии в основном из плохо промытых доильных аппаратов и технологического оборудования. В нем они размножаются, и за время хранения продукта количество их повышается. Но при охлаждении размножение бактерий замедляется, поэтому свежесвыдоенное молоко необходимо как можно быстрее охладить.

Антибиотики. Использование антибиотиков в ветеринарии и животно-

водстве не исключает загрязнения молока остаточными количествами таких препаратов. Антибиотики попадают в молоко через организм животного; их используют для лечебных и профилактических мероприятий, улучшения усвояемости кормов и т. д.

Наличие антибиотиков в молоке обнаруживали в разных хозяйствах. Так, в Республике Татарстан антибиотики тетрациклиновой группы были выделены из молока в 134 хозяйствах 20 районов.

Пенициллин, попавший в молоко из организма коров, вызывает изменения биохимических, физико-химических и технологических свойств молока.

В связи с этим для получения молока высокого качества по этим показателям не рекомендуется лечить коров в лактационный период антибиотиками. Для лечения коров, больных маститом, следует использовать биологические препараты: стрептоэколакт, стрептоэколакт-5, сауролизин. В случае дачи антибиотиков лактирующим коровам не допускается сливать в общий удой молоко в течение срока, указанного в инструкции к препарату.

Молоко, загрязненное антибиотиками, можно использовать для производства молочных продуктов только через 3-5 дней после последней дачи препаратов лактирующим коровам.

Для предупреждения загрязнения молока антибиотиками необходимо обоснованно использовать их в животноводстве и ветеринарии, т. е. свести до минимума их применение.

Для лечения коров, больных маститом, и профилактики заболевания в последующую лактацию рекомендуются препараты апромаст, гелиомаст и ристомаст. Однократное применение одного из этих препаратов в первые 2—3 недели сухостойного периода (но не позднее 30 дней до отела) позволяет санировать молочную железу от возбудителей мастита, устранить воспалительный процесс до начала лактации и в 95 % случаев обеспечить профилактический эффект в течение последующей лактации. К отелу антибиотики полностью выводятся из организма коров и отсутствуют в секрете молочной железы. По терапевтической эффективности отечественные препараты не уступают зарубежным; их можно вводить животным в течение первой половины сухостоя, а не строго за 60 дней до отела, что в ряде случаев трудно выполнимо. Применение антибиотических препаратов в сухостойный период позволяет снизить риск загрязнения молока остаточными количествами и получать экологически безопасную молочную продукцию.

В перспективе можно полностью исключить применение антибиотиков для лечения мастита коров в лактационный период и заменить их биологическими препаратами на основе использования микробов-антагонистов или продуктов их жизнедеятельности либо фитонцидов, а также биофизическими средствами.

Медоносная пчела.

Основной продукт пчеловодства – мед.

Химический состав натурального пчелиного меда сложен и подвержен значительным колебаниям. В нем содержатся следующие вещества, %: инвертированный сахар (глюкоза, фруктоза – 65-80, сахароза – 1-5), декстрины – 2-10, азотистые вещества – 0,1-1, органические кислоты, определяемые по муравьиной кислоте, – 0,05-0,2, в градусах кислотности – 1-4, минеральные вещества – 0,1-0,2, витамины (В₁, В₂, В₆, С и др.) на 100 мг меда – 0,5-6,5, вода – 15-20.

В меде содержатся гормоны растительного происхождения (фитогормоны) и выделяемые железами пчелы, оказывающие очень сильное действие на организм человека. Количество и состав минеральных веществ зависит от разнообразия растений-медоносов и почвенно-климатических условий их произрастания. В нем много калия, фосфора, кальция, хлора и серы, присутствуют почти все микроэлементы.

Мед и другие продукты пчеловодства (воск, цветочная пыльца, маточное молочко, прополис, пчелиный яд) являются природными биологическими стимуляторами. Биологическая активность меда определяется ферментами, гормонами, витаминами, микроэлементами, которые в организме вызывают тонизирующее, антимикробное, противосклеротическое и другие действия.

Как лечебное средство мед должен быть доброкачественным, без посторонних примесей и вредных для организма веществ, т. е. соответствовать требованиям действующего ГОСТа. По степени чистоты его разделяют на три группы: чистый (незагрязненный), малозагрязненный и сильнозагрязненный (кроме механических примесей в нем присутствуют тяжелые металлы и другие вредные для человека загрязнители). Как пищевой и лечебный продукт рекомендован мед первых двух групп. Экологическая безопасность меда зависит от наличия в нем ксенобиотиков.

Рыба.

Белки рыбы по биологической ценности не уступают белкам мяса теплокровных животных, но они легче перевариваются и усваиваются организмом человека. Содержание углеводов в мясе рыб очень низкое, а биологическая ценность их белка выше, чем молочного белка и белка теплокровных. Рыба – источник не только белка и жира, но и минеральных веществ и витаминов (А, В, D, Е, Н, РР). Поэтому рыбные продукты можно использовать с лечебной и лечебно-профилактической целью. Например, рыбий жир рекомендуют для профилактики ишемической болезни сердца, атеросклероза, снижения содержания холестерина в крови и поддержания эластичности кровеносных сосудов, а также для предотвращения рахита у детей. Мировое потребление рыбопродуктов в год на душу населения составляет 14,3 кг, в развитых странах от 23,2

до 26,1 кг, в развивающихся – от 9,6 до 11,7 кг, в Европе – от 18,6 до 21,6 кг. Более 40 кг в год потребляется в Испании, Японии, Дании, Норвегии, Португалии и др. В Испании потребление рыбопродуктов составляет 90 кг в год из расчета на одного человека, Японии – 70 кг, а в России среднедушевое потребление рыбы – 12,6 кг.

Рыбная мука, рыбий жир, мороженая и консервированная кормовая рыба, кормовой автолизат и другие отходы переработки рыбы незаменимы в кормах, используемых в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве. Добавление их в рацион животных из расчета 3-7 % позволяет интенсифицировать производство животноводческой продукции.

Качество рыбы (а следовательно, и рыбопродуктов) в значительной степени зависит от санитарного состояния водоемов.

Однако в Мировой океан и во внутренние водоемы ежегодно сбрасывают более 180 км³ сточных вод, в которых содержится 30 тыс. т разных загрязнителей. При этом 90 % объема бытовых сточных вод и большая часть промышленных, а также стоков крупных животноводческих и птицеводческих предприятий сбрасывают в водоисточники неочищенными или плохо очищенными. Кроме того, в поверхностные воды попадают нефтепродукты, оказывающие вредное влияние на гидробионтов. Они мигрируют по трофической цепи, сорбируются и аккумулируются в организме рыб.

В рыбе могут накапливаться многие органические и неорганические вещества, содержащиеся в воде: пестициды, тяжелые металлы, нитраты и др. Поэтому рыбу относят к одному из потенциально опасных продуктов для здоровья человека.

Для рыбного сырья санитарными правилами и нормами (Сан-ПиН 2.3.2.560-96) определен перечень и допустимые уровни следующих загрязнителей: токсичные элементы (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, медь, цинк), нитрозамины, гистамин, пестициды, полихлорированные бифенилы, радионуклиды, микробиологические и гельминтологические.

При значительном превышении ПДК загрязнителей в воде гибель рыб ценных пород наступает через 2-3 недели, а у карпа, карася и сома развиваются болезни разной этиологии. Вместе с тем установлено, что в случае превышения ПДК загрязнителей в воде токсиканты не всегда накапливаются во всей популяции рыб. Так, даже при интенсивном загрязнении воды тяжелыми металлами рыба была пригодна для употребления в пищу. Это объясняется тем, что при систематическом воздействии загрязняющих веществ из всей популяции дает потомство только рыба, генетически способная максимально выводить из организма токсиканты. Такая рыба даже в чрезвычайно загрязненной воде оказывается незагрязненной.

Для обеспечения населения экологически безопасными рыбными продук-

тами применяют установки замкнутого цикла, где выращивают в управляемых или контролируемых условиях рыбу и другие гидробионты (ракообразные, моллюски). В странах Азии ежегодно количество производимых на фермах креветок возрастает в среднем на 80 %. В Китае производство продукции аквакультуры достигает 30 млн т/год.

В европейских странах, особенно в Норвегии и Шотландии, разводят семгу. В настоящее время увеличивается спрос на деликатесные виды гидробионтов: осетровые, канальный сом, раки, креветки и др. Установки с замкнутым циклом водопользования позволяют круглогодично выращивать рыбу. Кроме того, в соответствующих хозяйствах образуется значительное количество осадков (экскременты рыб, остатки корма и отработанная биопленка биофильтров), богатых органическим веществом. Использование их позволит получать экологически безопасный компост, а теплая надосадочная жидкость, богатая растворенными биогенами, может быть применена в закрытом грунте или гидропонных системах. Одновременно такой компост создает возможность и целесообразность культивирования вермикультуры. Полученные черви могут использоваться в виде живого корма для молоди рыб и кормовой добавки для товарной рыбы. Основные пути интенсификации рыбоводства в замкнутых системах включают:

- переход на выращивание наиболее ценных видов гидробионтов: поликультура с тилапией;
- комплексную эксплуатацию установок с утилизацией образующихся осадков и их вторичным использованием при выращивании овощей и получении компоста с вермикультурой;
- оптимизацию технологической схемы и совершенствование используемых аппаратов водоподготовки в составе рыбоводных установок;
- размещение установок на базе промышленных объектов, обладающих источником отработанного тепла, воды или кислорода.

Искусственно разводимые и культивируемые рыбы в целом имеют более низкие вкусовые качества с изменением окраски продукции, чем у рыб из естественных водоемов. Недостаточные вкусовые качества культивируемых рыб объясняются преимущественно высокой концентрацией липидов вследствие перекармливания их для достижения максимального роста. К тому же зачастую необходимо получать основную рыбную продукцию во время сезона с подходящим рынком сбыта.

Такие культивируемые рыбы, как желтохвост, красный морской карась и аю, по окраске резко отличаются от рыбы из естественных водоемов, что приводит к снижению цены наполовину по сравнению со стоимостью дикой рыбы. Однако уже имеются успешные попытки улучшить пигментацию рыб скармливанием им криля *Mysis*, креветок, отходов от крабов и зеленых водорослей.

Бактерии и гельминты. Количественный и качественный бактериальный состав промысловых водоемов зависит от технологии выращивания рыбы, содержания в воде органических веществ, ее рН, температуры, аэрации, концентрации солей, заселения прибрежных районов, времени года и метеорологических условий.

В эксплуатируемых водоемах количество бактерий в 1 мл воды может достигать 10^6 клеток и более. Из общего количества их до 80 % составляют сапрофиты, 28 % – палочковидные формы.

Наличие патогенной микрофлоры характеризует санитарное состояние водоема, что отражается на качестве выращиваемой рыбы.

Значительное количество бактерий обнаруживается на слизистых оболочках, жабрах и в желудочно-кишечном тракте. На 1 см^2 поверхности рыбы при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ может быть от 10^3 до 10^6 бактериальных клеток. На 1 г жабр приходится от 10^2 до 10^7 бактерий, обсемененность ими содержимого кишечника рыб достигает от 10^3 до 10^8 клеток в 1 г. В пищеварительном тракте зимующих рыб бактерий в 10–20 раз меньше, у голодающих – до 200 раз меньше, чем у рыб во время интенсивного кормления.

Интенсивность бактериальной обсемененности рыбы зависит от состояния окружающей среды и способов лова рыбы. В свежей рыбе, выловленной тралом, содержится в 10–100 раз больше бактерий, чем в выловленной удочкой. Прудовая рыба из неспускных водоемов или частично приспущенных содержит в сотни раз меньше микроорганизмов, чем выловленная в спущенных прудах.

Естественная микрофлора свежей рыбы по качественному составу близка к микрофлоре воды и характеризуется психрофильными микроорганизмами с оптимумом развития около $20 \text{ }^\circ\text{C}$, но способных размножаться и при $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

На качество рыбы и рыбопродуктов влияет техника и условия лова. Вылов рыб из водоемов, загрязненных неочищенными бытовыми, промышленными, животноводческими сточными водами, следует проводить поздней осенью или зимой. При этом степень обсемененности рыбы бактериями ниже. В рыбе, кишечник которой наполнен кормом, содержится много микроорганизмов и протеолитических ферментов, что способствует проникновению бактерий в мышечную ткань. Поэтому за три дня перед отловом рыбы следует прекратить ее кормление.

С точки зрения ветеринарной санитарии желательны вылов рыбы на полной воде или применение сетчатых рыбоуловителей, куда при спуске воды попадает рыба и при этом хорошо промывается, что в десятки раз снижает бактериальную обсемененность. Механические повреждения, сотрясения, толчки, пересортировки и ушибы способствуют обсеменению рыбы микрофлорой, сокращают продолжительность посмертного окоченения и хранения рыбы.

Свежая рыба – быстропортящийся продукт. При неудовлетворительном

ее хранения структура мышечной ткани становится рыхлой, появляется слизь на поверхности, которая благоприятна для микроорганизмов.

Свежая рыба должна иметь чистый кожный покров, прозрачную слизь («мазку»), выпуклые глаза, невздутое брюшко, цвет жабр от красного до темно-красного, плотную консистенцию, специфический запах, без порочащих признаков. В мазках-отпечатках из поверхностных слоев мышц рыб микробы не должны обнаруживаться.

Большинство гельминтов рыб неопасно для человека, но личинки *Opisthorhis felines* (метацеркарии) могут быть в мышечной ткани, в основном в спинной и хвостовой частях, а иногда и в толще чешуи и вызывать у людей аллергическую реакцию и патологические изменения. Небезопасны и личинки лентеца широкого *Diphlllobothrium latum* (плероциркоиды). Они локализуются в полости тела, внутренних органах и мышцах. Зараженную гельминтами рыбу нужно обеззараживать. Основная задача при перевозке и хранении свежей рыбы заключается в том, чтобы как можно дольше сохранить ее качество, что определяет количество всей производимой продукции.

Обеспечение качества окружающей среды и животноводческой продукции

Для охраны окружающей среды в районах размещения животноводческих предприятий требуется постоянный мониторинг за воздушной средой, почвой, кормовыми культурами, растительными кормами и водой. Он позволяет выделить наиболее опасные загрязнители в окружающей среде, которые прямо или опосредованно попадают в живой организм, провоцируют появление болезней различной этиологии, снижение продуктивности животных и качества животноводческой продукции. В условиях сложной экологической ситуации необходимо установить, какие растения и животные могут обеспечить получение экологически безвредной продукции. При этом крайне важно исключить комбинированное воздействие загрязнителей на живой организм.

Экологическое состояние животноводческих предприятий необходимо оценивать характеристиками среды обитания животных (воздух, вода, корма, продукты жизнедеятельности, уход за животными), а также качеством получаемой продукции (молоко, мясо).

Производство экологически безопасной животноводческой продукции возможно только при создании животным комфортных условий, экологически безопасных кормов, надлежащих условий содержания животных. Корма должны быть получены в условиях биологического земледелия и сертифицированы, пастбища и условия содержания животных – удовлетворять ветеринарно-санитарным и гигиеническим требованиям.

Не разрешается использовать синтетические стимуляторы роста, а кормо-

вые добавки, средства диагностики, лечения и профилактики должны быть экологически безопасными.

Ветеринарные препараты, используемые для диагностики, лечения, профилактики заболеваний животных, их воспроизводства и повышения продуктивности, должны иметь сертификат. Сертификат обязателен как для изготовителя, так и для поставщика (продавца) препарата. Запрещается использовать и рекламировать ветеринарные препараты, не прошедшие сертификацию.

Особенно важно контролировать состояние микроклимата в животноводческих помещениях (температуру воздушной среды, ее относительную влажность, скорость движения воздуха, содержание в нем аммиака, сероводорода, углекислого газа, пыли, бактериальную обсемененность, уровень шума, освещенность помещений, качество питьевой воды).

Мониторинг в районах размещения животноводческих предприятий с целью охраны окружающей среды и получения экологически безопасной животноводческой продукции необходимо проводить с учетом требований нормативных документов.

16. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРАВО

Экологическое право – самостоятельная комплексная отрасль права, регулирующая отношения в области взаимодействия общества и человека с окружающей средой.

Целью планирования мероприятий по охране окружающей среды и природопользованию является обеспечение гармоничного взаимодействия природы и общества на основе научно обоснованного сочетания экологических, экономических и социальных интересов, выбор наиболее эффективных средств природопользования, предотвращение и ликвидацию негативного влияния хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, сохранение и увеличение природно-ресурсного потенциала.

Основным законодательным актом, помимо Конституции РФ, в этой сфере является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.02 г. № 7-ФЗ (в ред. 2009 г.).

Охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности человека – неотъемлемое условие устойчивого экономического и социального развития государства.

Контроль и управление в области охраны окружающей природной среды

По Конституции РФ природопользование и охрана окружающей природной среды находятся в совместной компетенции Федерации и субъектов Федерации.

Следует принимать во внимание и деятельность межведомственных комиссий, образуемых для решения конкретных проблем, координации отдельных направлений природоохранной работы и наделяемых теми или иными полномочиями в сфере экологического управления (таких как, например, Межведомственные комиссии: по проблемам биологического разнообразия; по биотехнологии; по делам Арктики и Антарктики; по проблемам генно-инженерной деятельности и др. комиссии).

Экологический мониторинг – совокупность организационных структур, методов, способов и приемов наблюдения за состоянием окружающей природной среды, происходящими в ней изменениями, их последствиями, а также за потенциально опасными для окружающей среды, здоровья людей и контролируемой территории видами деятельности, производственными и иными объектами.

Единая система экологического мониторинга создана в 1993 году. Ее задачами являются: наблюдение за состоянием окружающей среды, ее загрязне-

нием, в том числе атмосферы, поверхностных вод, морской среды, почв, околоземного космического пространства, радиационной обстановкой Земли и околоземном космическом пространстве; оценка и прогноз изменений климата, водных ресурсов, трансграничного переноса загрязняющих веществ и т.п.

Экологическая паспортизация в нашей стране началась с 1987 года и продолжается в соответствии с ГОСТ 17.0.0.04-90 по сей день. Ей подлежит каждое предприятие.

Помимо экологических паспортов предприятий существуют радиационно-гигиенические паспорта организаций и территорий, паспорта опасных отходов, проводится паспортизация мелиорированных земель, введены в 2002 году паспорта для объектов культурного наследия, много лет уже оформляются паспорта памятников природы.

Государственная экологическая экспертиза является также действенным инструментом охраны окружающей среды. Она проверяет соответствие намечаемой хозяйственной иной деятельности экологическим требованиям и определяет допустимость реализации объекта в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий.

Проведение экологической экспертизы регулируется Федеральным законом «Об экологической экспертизе» от 23.11.95 г. (в ред. 2009 г.). Одним из наиболее масштабно применяемых средств управления окружающей средой является экологический контроль. Виды контроля: государственный, ведомственный, производственный и общественный.

Общий экологический контроль осуществляют Президент РФ, Правительство РФ и иные субъекты, наделенные общей компетенцией. Министерство природных ресурсов осуществляет ведомственный контроль за работой комитетов субъектов РФ, государственный – в сфере охраны окружающей среды, использования лесов, недр, вод и т.п. в отношении всех иных субъектов хозяйственной и управленческой деятельности.

Юридическая ответственность за экологические правонарушения.

Ответственность за экологические правонарушения несут лица (граждане, должностные лица, юридические лица), не соблюдающие экологические законы и наносящие ущерб окружающей природной среде и человеку.

По характеру причиненного ущерба экологические правонарушения делятся на следующие группы:

- загрязнение природной среды;
- нерациональное использование природных ресурсов;
- истощение ресурсов;
- повреждение или уничтожение природных объектов;

- разрушение природных экосистем, т.е. нарушение экологического равновесия, приводящее к их деградации.

Права, обязанности граждан в области охраны окружающей среды
Источником экологического права является Конституция.

Экологические права человека.

- Право на благоприятную окружающую среду.
- Право на достоверную информацию о её состоянии.
- Право на возмещение ущерба, нанесённого его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Обязанности граждан РФ.

- Сохранять природу и окружающую среду.
- Бережно относиться к природе и природным богатствам.

Права граждан РФ.

- Создавать общественные объединения, фонды и иные некоммерческие организации, осуществляющие деятельность в области охраны окружающей среды.
- Направлять обращения в органы государственной власти и местного самоуправления.
- Принимать участие в собраниях, митингах, демонстрациях, шествиях и пикетировании, сборе подписей под петициями, референдумах по вопросам охраны окружающей среды.
- Выдвигать предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в её проведении.
- Предъявлять в суд иски о возмещении вреда окружающей среде.

Международное сотрудничество

Единство биосферы нашей планеты выдвигает много общеправовых экологических проблем разного уровня, успешное решение которых возможно лишь при международном сотрудничестве. Зародившееся более 100 лет назад международное сотрудничество по охране окружающей среды стремительно развивается. Основные аспекты международного сотрудничества включают:

- 1) систематический обмен данными и информацией о состоянии окружающей среды и уровнях загрязнения;
- 2) своевременное предварительное представление информации о деятельности, способной указать значительное негативное транспортное воздействие на окружающую среду, всем государствам, которые могут быть затронуты этой деятельностью, чтобы дать им возможность оценить ее последствия для окружающей среды;

3) своевременные консультации государств, в которых планируется такая деятельность, с государствами, которые могут быть потенциально затронутыми ею, чтобы обеспечить принятие окончательного решения в свете всей доступной информации о трансграничных последствиях;

4) сотрудничество между государствами и международными организациями по предотвращению экологических бедствий и минимализации их последствий;

5) обеспечение адекватной информацией по экологическим бедствиям и чрезвычайным ситуациям государств и местных организаций, потенциально затрагиваемых рисковой деятельностью;

6) устранение различий между национальными экологическими стандартами;

7) усиление обязанностей и механизмов оказания взаимопомощи между государствами в случае экологических бедствий и чрезвычайных ситуаций путем международного сотрудничества и действия компетентных международных организаций.

Равноправное и разностороннее международное сотрудничество особенно важно в решении долгосрочных программ охраны природы, таких как защита атмосферного воздуха и Мирового океана от загрязнения, регулирование использования рек, пересекающих государственные границы. Охрана мигрирующих через границы птиц, млекопитающих и др.

В первые годы советской власти были подписаны соглашения с Финляндией о рыболовстве в пограничных водах, с Афганистаном о совместном использовании водных ресурсов, конвенции с Турцией о предотвращении занесения эпизоотий, многосторонняя конвенция с Афганистаном и Ираном по защите растений, а также по борьбе с саранчой.

Особенно быстро развивалось международное сотрудничество после второй мировой войны. В этот период было заключено более 250 международных договоров, соглашений и конвенций, имеющих природоохранное значение. Среди них исключительную роль играет Московский договор (1963) о запрещении испытания ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой, который подписали более 100 стран. Важное значение имеет конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, подписанная в 1973 г. более чем 80 странами.

Достигнуто много международных соглашений по охране птиц, в том числе Конвенция по охране мест гнездовья, отдыха и зимовок водоплавающих птиц (МАР). В 1973 г. между бывшим СССР и Японией заключена специальная Конвенция по охране перелетных и редких птиц. Позднее такого рода конвенция была подписана также с Индией.

Очень важны соглашения между бывшим СССР и США о сотрудничестве в области изучения и охраны окружающей среды (1972) по проблемам

охраны природы, между Францией, Швецией, Финляндией и рядом других стран по некоторым вопросам охраны природы, о международном научно-техническом сотрудничестве со странами Восточной Европы по вопросам охраны природы и рационального использования природных ресурсов.

Научно-исследовательские учреждения принимают участие в реализации ряда международных программ, в частности программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера».

Организация Объединенных Наций (ООН) постоянно уделяет внимание проблемам охраны природы. В 1962 г. на 17 сессии Генеральной Ассамблеи ООН была принята специальная резолюция «Экономическое развитие и охрана природы», в которой подчеркивалось, что охрана природы – непосредственный долг государств – членов ООН и что мероприятия по сохранению природных ресурсов должны осуществляться одновременно с экономическим развитием. С 1973 г. приступило к работе учреждение «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЕП), которое организует и координирует исследования по охране окружающей среды, в частности создание системы станций слежения за состоянием биосферы во всем мире.

Специальные органы ООН – ЮНЕСКО, ФАО – также уделяют много внимания охране природы. Так, одно из главных направлений работы ЮНЕСКО – просвещение и подготовка специалистов в области охраны природы, популяризации положительного опыта и новейших методов рационального и комплексного использования природных ресурсов, проведение научных исследований по различным проблемам охраны природы.

Вопросы комплексного использования и охраны вод, сохранения, восстановления и повышения плодородия почв, производительности лесов и ресурсов животного мира находятся в центре внимания ФАО.

Санитарно-гигиеническим аспектам охраны окружающей среды большое внимание уделяет Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Эта организация провела ряд конференций по выявлению источников загрязнения атмосферы и воды и методам борьбы с ним на основе опыта различных стран.

Среди международных организаций особое место занимает созданный в 1948 г. по инициативе ЮНЕСКО Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП). Эта организация – основной советник и консультант по проблемам охраны живой природы.

В соответствии с уставом МСОП содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, занимающимися вопросами охраны природы. Он готовит проекты международных конвенций и соглашений. В задачу этого союза входит научная консультация государств, национальных и международных органов по охране природы и правовым вопросам. МСОП разрабатывает и распространяет новые научные и тех-

нические достижения в данной области и пропагандирует идеи охраны природы.

Широкую известность получила Красная книга, созданная комиссией охраны редких и исчезающих видов животных и растений, содержащая сведения о состоянии популяций, находящихся под угрозой исчезновения видов, а также рекомендации по их восстановлению. Зеленая книга, составленная также этим союзом, включает много ценной информации о редких и уникальных ландшафтах. МСОП выпускает справочники о национальных парках, резервациях и заповедниках во всем мире. Постоянное внимание эта организация уделяет разработке экологических принципов долгосрочных прогнозов воздействия на биосферу при осуществлении крупных проектов преобразования природы.

Органическое земледелие

В России понятие «органическая продукция» не имело нормативно-правового обоснования, указания на «экологичность» продукта часто использовались как рекламный ход, во многих случаях даже без всякого на то основания. Плохо понимали, что это за продукция, производители и потребители.

Федеральный закон № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» создает полноценное правовое поле для производства и реализации органической продукции в России.

Органическое сельское хозяйство — это натуральное хозяйство, в котором не используются химикаты ни в виде удобрений, ни пестицидов, ряд ветеринарных препаратов, генетически модифицированные элементы, облучающие и прочие методики.

Однако отсутствие химических средств защиты не гарантирует получение экологически чистой продукции. Вредные вещества могут уже находиться в почве, быть принесены ветром или осадками с других участков. Применение органических удобрений, например навоза, может способствовать занесению нежелательных микроорганизмов, в том числе возбудителей заболеваний человека и животных. Поэтому простой отказ от пестицидов и агрохимикатов — это еще не органическое земледелие.

Одна из основных проблем, с которой сталкиваются производители органической продукции, — снижение урожайности вплоть до полной ее потери. Большую угрозу представляют возбудители болезней и вредители сельскохозяйственных растений, а также снижение плодородия почв. Поэтому ведение такого хозяйства предполагает использование специальных методик, в основе

которых лежат альтернативные способы долгосрочного поддержания плодородия почв, защиты растений и лечения животных.

Биологические системы защиты растений подразумевают множество профилактических мер: оптимальные севообороты, залужение, использование сидератных культур и биопрепаратов на основе гиперпаразитов возбудителей болезней и вредителей сельскохозяйственных культур.

3 августа 2018 г. был принят Федеральный закон № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее — Федеральный закон № 280-ФЗ), вступивший в силу с 1 января 2020 г.

Этот Федеральный закон регулирует отношения, связанные с производством, хранением, транспортировкой, маркировкой и реализацией органической продукции.

Закон вводит понятия:

- **Органическая продукция** — экологически чистая сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которой соответствует требованиям, установленным настоящим Федеральным законом.

- **Органическое сельское хозяйство** — совокупность видов экономической деятельности, которые определены Федеральным законом от 29.12.2006 № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» и при осуществлении которых применяются способы, методы и технологии, направленные на обеспечение благоприятного состояния окружающей среды, укрепление здоровья человека, сохранение и восстановление плодородия почв.

- **Производители органической продукции** — юридические и физические лица, которые осуществляют производство, хранение, маркировку, транспортировку и реализацию органической продукции и включены в единый государственный реестр производителей органической продукции.

Федеральным законом № 280-ФЗ при переходе к органическому сельскому хозяйству и производству органической продукции установлен переходный период, в течение которого должны быть внедрены правила ведения органического сельского хозяйства и производства органической продукции, установленные действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции. В России введены в действие следующие национальные стандарты:

- ГОСТ Р 56104-2014 «Продукты пищевые органические. Термины и определения»;

- ГОСТ Р 57022-2016 «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства»;

- Межгосударственный стандарт, принятый Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС);
- ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации. NEQ SAC/GL32-1999» (указаны разрешенные для производства органической продукции кормовые добавки, удобрения и другие вещества).

Эти стандарты — основа для производства, идентификации и сертификации органической продукции.

Требования к производству органической продукции

1. При производстве органической продукции соблюдаются следующие основные требования:

1) обособление производства органической продукции от производства продукции, не относящейся к органической продукции;

2) запрет на применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста и откорма животных, гормональных препаратов, за исключением тех, которые разрешены к применению действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции;

3) запрет на применение трансплантации эмбрионов, клонирования и методов генной инженерии, генно-инженерно-модифицированных и трансгенных организмов, а также продукции, изготовленной с использованием генно-инженерно-модифицированных и трансгенных организмов;

4) запрет на использование гидропонного метода выращивания растений;

5) запрет на применение ионизирующего излучения;

6) применение для борьбы с вредителями, болезнями растений и животных средств биологического происхождения, а также осуществление мер по предупреждению потерь, наносимых вредными организмами растениям или продукции растительного происхождения, которые основаны на защите энтомофагов (естественных врагов вредителей растений), на выборе видов и сортов растений, на подборе севооборота, оптимальных методов возделывания растений и методов термической обработки органической продукции;

7) подбор пород или видов сельскохозяйственных животных с учетом их адаптивных способностей и устойчивости к болезням, создание условий, способствующих сохранению их здоровья, ветеринарному благополучию, естественному воспроизводству, и обеспечение оптимальных санитарно-гигиенических показателей их содержания;

8) использование пищевых добавок, технологических вспомогательных средств, ароматизаторов, усилителей вкуса, ферментных препаратов, микроэлементов, витаминов, аминокислот, предусмотренных действующими в Рос-

сийской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции;

9) применение биологических, в том числе пробиотических, микроорганизмов, традиционно используемых при переработке пищевых продуктов, использование мер защиты продукции животного происхождения от микробиологической порчи, основанных на взаимодействии микроорганизмов в естественной природной среде;

10) запрет на смешивание органической продукции с продукцией, не относящейся к органической, при хранении и транспортировке органической продукции;

11) запрет на использование упаковки, потребительской и транспортной тары, которые могут привести к загрязнению органической продукции и окружающей среды, в том числе на использование поливинилхлорида для упаковки, потребительской и транспортной тары.

2. Правила производства органической продукции устанавливаются действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции, учитывающими требования к производству органической продукции.

Согласно Федеральному закону № 280-ФЗ производители органической продукции после подтверждения соответствия производства органической продукции в соответствии со ст. 5 этого закона имеют право разместить являющуюся отличительным признаком органической продукции маркировку в виде комбинации надписей и графического изображения (знака) органической продукции единого образца на упаковке, потребительской и (или) транспортной таре органической продукции или на прикрепленных к ней либо помещенных в нее иных носителях информации.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

Абиотические факторы – компоненты и явления неживой природы, которые прямы или косвенно воздействуют на организмы (например, физические и химические характеристики среды, климатические или географические условия).

Абиссаль – океаническое ложе с глубиной 3 – 6 км.

Автотрофное питание – т.е. самостоятельное питание, основывается на непосредственном преобразовании неорганических веществ – воды, азота, фосфора, углекислого газа – в органические с помощью солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Этот тип питания присущ автотрофам – зеленым растениям и некоторым бактериям.

Агроценоз – искусственно созданный человеком биоценоз.

Агроэкосистема - неустойчивая экосистема, искусственно созданная человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции.

Адаптация – процесс приспособления организмов к определенным условиям среды. В этом процессе у организмов возникают и развиваются конкретные свойства, которые позволяют выжить и размножиться в изменившейся среде.

Акклиматизация – приспособление организмов к новым условиям существования.

Аменсализм – форма взаимоотношений между организмами, полезная для одного вида, но вредная для другого. Светолюбивые растения, растущие под елью испытывают угнетение в результате затенения ее кроной, для самого дерева такое соседство безразлично.

Анаэробы – организмы, которые получают необходимый для жизни кислород путем расщепления кислородосодержащих органических соединений (т.е. в ходе брожения).

Анемохория – расселение организмов с помощью ветра.

Антропогенные (антропические) факторы (греч. Антропос – человек) – факторы, обязанные своим происхождением деятельности человека. Воздействие на экосистемы человека, как биологического вида, можно было отнести к биотическим факторам, однако в результате его деятельности в среду поступают, например, тысячи разных химических соединений, со многими из которых природа ранее не сталкивалась, поэтому такого рода воздействие можно приравнять к появлению мощных и разнообразных абиотических факторов. Все факторы можно разделить на *условия и ресурсы*.

Ареал – область распространения: 1) любой систематической группы организмов – вида, рода, семейства и т.п.; 2) сходных условий существования (например, глубокие ямы в водоеме, где зимуют и сохраняются в маловод-

ные годы рыбы, и т.п.); 3) определенного типа биотических сообществ или экосистем любого иерархического ранга (например, экосистем тропических лесов, арктических тундр и т.п.).

Аэробы – организмы, использующие для дыхания кислород воздуха.

Батигаль – крутой склон дна (200 м – 2,5-3 км).

Бентос - совокупность организмов, обитающих на дне.

Биогенное вещество – вещество, которое возникло в результате разложения остатков организмов, но еще не полностью минерализовано (например, уголь, нефть, битумы и др.).

Биогеоценоз (греч. Ге, гео – Земля) – по В.Н.Сукачеву, “участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и педосферы остаются однородными и имеющими однородный характер взаимодействия между ними и поэтому в совокупности образующими единый, внутренне обусловленный комплекс” (педосфера: греч. Педон – почва).

Биокосное вещество – структура из живого и косного вещества, которая создается одновременно косными процессами и живыми организмами (например почва).

Биологическая продуктивность – это понятие объединяет биомассу, производимую популяцией или сообществом (экосистемой) на единице площади или за единицу времени, и способность биологических систем поддерживать темп воспроизведения этой биомассы. Полная, или валовая, биологическая продуктивность включает, помимо биомассы, также производимые энергию и биогенные летучие вещества (газы, аэрозоли). Чистая биологическая продуктивность – это разность между полной биологической продуктивностью и частью, затраченной на процесс дыхания. Отличают первичную и вторичную биологическую продуктивность. Первичная – это биомасса (надземных и подземных органов), а также энергия и биогенные летучие вещества, производимые продуцентами на единицу площади за единицу времени. Вторичная - это биомасса, а также энергия и биогенные летучие вещества, производимые всеми консументами на единицу площади за единицу времени. Третичную биологическую продуктивность обычно не выделяют, хотя продукция микроорганизмов входит в понятие биологической продукции. Следует отметить, что продуктивность литобиосферы неизвестна, организмов аэробииосферы в целом.

Биологическая продукция – биомасса, производимая популяцией, сообществом, экосистемой. Различают первичную продукцию, которую образуют продуценты в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, и вторичную, которую производят все консументы и редуценты. Если рассмотреть последовательность трофических уровней, то окажется, что продукция следующего трофического уровня обычно меньше на 10% от продукции предыдущего. Это явление связа-

но с переносом энергии от уровня к уровню: на каждом уровне 90 % и более составляет энергия, не использованная, не усвоенная, а также израсходованная на дыхание.

Биологическая система – (греч. Система – целое, составленное из частей) – динамически саморегулирующееся и, как правило, саморазвивающееся и самовоспроизводящееся биологическое образование любой сложности (от макромолекулы до такой глобальной экологической системы, какой является наша планета Земля).

Биологические “часы” - физиологические механизмы, обуславливающие способность организмов реагировать на интервалы времени, и явления, связанные с этими интервалами.

Биологические режимы – периодические колебания интенсивности и характера биологических процессов и явлений.

Биологическое разнообразие - разнообразие организмов, населяющих землю, и их природных сочетаний.

Биом (лат. ... ома – окончание, обозначающее какую либо совокупность) – совокупность видов живого и среды их обитания, составляющие экосистему в определенной ландшафтно-географической зоне (например, биом листопадного леса, т.е. биом, характеризующийся лесами, сбрасывающими листву осенью).

Биомасса – количество живого вещества тех или иных организмов (популяций, видов, группы видов, сообществ в целом), выраженное в единицах массы (веса) или энергии и приходящееся на единицу площади или объема какого-либо биотопа вплоть до экосферы планеты. В единицах массы этот термин относится к сырому или сухому состоянию живого вещества. Биомассу растений называют фитомассой, животных – зоомассой. Биомасса может быть как живой, так и мертвой (например, древесина, кора деревьев).

Биосфера (греч. Био – жизнь, сфера – шар) – область существования и функционирования живого вещества и само это вещество. Эта область охватывает *аэробIOSферу* (нижняя часть атмосферы – газообразной оболочки Земли – до озонового слоя, примерно 25 км), *гидробиосферу* (это вся гидросфера – совокупность всех вод Земли) и *литобиосферу* (верхние слои литосферы – твердой оболочки Земли – до 3 км). Таким образом, термин и понятие “биосфера” включает в себя как живые организмы, так и среду их обитания. Известны по крайней мере два необходимых условия для существования биосферы: 1. наличие воды в жидком состоянии; 2. наличие лучистой энергии Солнца, которая используется для синтеза биомолекул в процессе фотосинтеза.

Биота (греч. Биота – жизнь) – совокупность живых организмов (растений и животных), объединенных общей областью распространения. В отличие от понятий “биоценоз” и “биом” биота не подразумевает экологических связей между видами. Иногда биотой называют любую совокупность живых организ-

мов (например, биота леса, биота скал и т.п.).

Биотические факторы (греч. Биота – жизнь) – совокупность влияния жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а так же на неживую компоненту среды обитания (например, хищник поедает жертву, отмершие листья деревьев образуют опад, который служит местом обитания и пищи многих организмов).

Биотоп (греч. Топос – место) – относительно однородная по абиотическим факторам среды пространство в пределах водной, наземной и подземной частей биосферы, занятая одним биоценозом (например, биотоп пруда, биотоп гнилого дерева). Биоценоз (сообщество) в совокупности с биотопом (т.е. неживыми компонентами среды), с которым он взаимодействует, составляет экологическую систему.

Биохимические циклы – это циркуляция химических элементов абиотического происхождения, которые попадают из окружающей среды в организмы и из организмов в окружающую среду.

Биоценоз - взаимосвязанная совокупность микроорганизмов, грибов, растений и животных, населяющих более или менее однородный участок суши или водоема и приспособленных к условиям окружающей их среды (например биоценоз озера, соснового леса и т.п.).

Биоценология – раздел экологии, изучающий отношения в животнорастительных сообществах.

Брожение – анаэробный ферментативный процесс превращения органических веществ, посредством которого многие организмы получают энергию, необходимую для их жизнедеятельности. К брожению способны животные, растения и микроорганизмы.

Вид – совокупность популяций особей, которые имеют общий генофонд, обладают общими морфологическими признаками, занимают определенный ареал, свободно скрещиваются между собой в природных условиях и дают плодовитое потомство.

Гелиофиты (световые виды) – растения, обитающие на открытых местах с хорошей освещенностью.

Генофонд – совокупность генотипов всех особей популяции, группы популяций или вида.

Геобионты – организмы, постоянно обитающие в почве. Весь цикл их развития протекает в почвенной среде (дождевой червь, первичнобескрылые насекомые).

Геоксены – животные, использующие почву в качестве укрытия или убежища (тараканы, некоторые клопы, жуки, млекопитающие, живущие в норах).

Геофилы – животные, у которых одна из фаз цикла развития происходит

в почве (саранчовые, некоторые жуки, комары-долгоножки).

Гетеротрофное питание – это питание уже готовыми органическими веществами. Этот тип питания присущ гетеротрофам – в основном животным и большинству микроорганизмов.

Гигрофиты – растения, живущие в условиях повышенной влажности воздуха и на влажных почвах.

Гидатофиты – растения, полностью погруженные в воду, но иногда плавающие на поверхности или имеющие плавающие листья.

Гидробионты – обитатели водной среды.

Гидрофиты – растения, погруженные в воду только нижней частью и обычно укореняющиеся в группе.

Гоматотермные или теплокровные животные – более высокий и устойчивый уровень обмена веществ, в процессе которого осуществляется терморегуляция и обеспечивается относительно постоянная температура тела, которая практически не изменяется даже при существенных колебаниях температуры внешней среды.

Гомеостаз – состояние динамического (подвижного) равновесия (постоянного и устойчивого равновесия) природной системы, которое поддерживается приспособительными реакциями, регулярным возобновлением основных ее структур, вещественно-энергетического состава и внутренних свойств, а также постоянной саморегуляцией во всех звеньях системы. Гомеостаз характерен и необходим для всех природных систем – от космического до организма и атома. Направлен гомеостаз на ограничение воздействий внешней и внутренней среды на систему, как целое, на сохранение относительного постоянства структуры и функций в системе. Для экосистем часто употребляют термин “экологическое равновесие” (динамическое).

Детритофаги – виды, питающиеся разлагающимися растениями (детрит) и продуктами их разложения.

Динамическое равновесие – колебания численности популяций в пределах какой-то средней величины.

Доминирование – способность вида занимать в экосистеме главенствующее положение и оказывать влияние на распределение в ней энергии.

Дооминанты – это не виды, которые на своем трофическом уровне обладают наибольшей продуктивностью.

Живое вещество – совокупность тел живых организмов, населяющих планету Земля.

Закон минимума Либиха : рост растения (урожай) зависит от того элемента питания, который присутствует в почве в минимальном количестве.

Закон толерантности (В.Э.Шэлфорд), в современной трактовке гласит: *Лимитирующим фактором процветания биосистемы может быть как мини-*

мум, так и максимум экологического фактора; диапазон между минимумом и максимумом определяет величину толерантности биосистемы к данному фактору. По отношению к любому фактору биосистема обладает определенным диапазоном толерантности (выносливости, устойчивости). Если количественное значение хотя бы одного из факторов выходит за пределы диапазона выносливости, то существование вида становится невозможным, как бы ни были благоприятны другие условия. Очевидно, что пренебрежение законом минимума и толерантности ведет к двойным потерям – экологическим и экономическим. Виды, способные существовать при небольших отклонениях фактора от его оптимального значения, называются **узкоспециализированными** (например, таковыми являются большинство обитателей морей, нормальная жизнедеятельность которых сохраняется лишь при высокой концентрации солей в окружающей среде). Виды, выдерживающие значительные изменения фактора, называются широкоспециализированными (широкопри-способительными).

Закон толерантности Шелферда: лимитирующим фактором процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия.

Зоофаги – организмы, питающиеся животной пищей и продуктами их жизнедеятельности: биофаги питающиеся живыми тканями, некрофаги – трупами, копрофаги – экскрементами.

Зоохория – форма межвидовых взаимоотношений, при которых животные содействуют растениям в распространении семян и плодов (можно рассматривать как разновидность синоткии).

Интродукция – введение видов растений в какую-либо местность, в которой они раньше не встречались, а также распространение животных за пределы их естественных ареалов.

Исчерпаемые природные ресурсы - ресурсы, количество которых неуклонно уменьшается по мере их добычи или изъятия из природной среды (богатства недр, почва, виды растений и животных).

Квартиранство (синойкия) – совместное проживание двух организмов разных видов, полезное для одного и безразличное для другого. В отличие от комменсализма в этом случае не возникает непосредственных пищевых отношений. Один из организмов может использовать другой в качестве убежища, средства для передвижения.

Кислотные (кислые) осадки - дождь или снег, подкисленный ($\text{pH} < 5,6$) из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов (SO_2 , SO_3 , NO , HCl и др). Подкисляют водоемы и почву, что приводит к гибели рыбы и других водных организмов, а также к резкому уменьшению прироста лесов и их усыханию.

Комменсализм – тип взаимоотношений, при котором один из видов из-

влекает пользу из совместного существования, не причиняя вреда другому. При комменсализме один из видов использует другой в качестве среды обитания, средства передвижения или питается за его счет. Мальки многих рыб живут среди щупалец актиний и медуз и питаются отбросами их пищи. Многие птицы кормятся на экскрементах копытных, выбирая оттуда непереваренные зерна растений. Песцы в тундре следуют за белым медведем и доедают останки его пищи.

Конкуренция - взаимоотношения, возникающие между организмами одного вида (внутри) или организмами разных видов (межвидовая) со сходными экологическими требованиями, т.е. используют одни и те же ресурсы окружающей среды.

Консорция – (выступающая как единое целое). Совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с центральным видом – автотрофным растением.

Консументы – организмы-гетеротрофы, потребляют готовые органические вещества, создаваемые продуцентами. Потребляя, консументы не доводят разложение органических веществ до простых минеральных составляющих. К группе консументов принадлежат все животные, включая человека, некоторые микроорганизмы, паразитические и насекомоядные растения. Отличают консументов *первичных* (первого порядка) и *вторичных*, которые подразделяются на консументов второго, третьего и последующих порядков. Первичные консументы – травоядные животные, паразитические растения, “травоядные” микроорганизмы – питаются продуцентами. Вторичные консументы питаются животной пищей: консументы второго порядка поедают растительноядных животных или паразитирующих на них; консументы третьего порядка поедают хищников и паразитов хищников и т.д.

Косное вещество – неживое вещество, образованное процессами, в которых живое вещество не принимало участие.

Ксерофиты – растения, растущие в местах с недостаточным увлажнением. Это растения пустынь, полупустынь, жестколистных вечнозеленых лесов и кустарниковых зарослей.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор – это фактор, сдерживающий развитие биологической системы из-за его недостатка или избытка по сравнению с потребностями. Понятие ведет свое начало от “принципа(закона) минимума”. В современной трактовке закон минимума утверждает следующее: *Развитие биосистемы может регулироваться одним или несколькими компонентами среды, находящимися в недостатке, тогда как другие ресурсы и условия могут присутствовать в избытке и не использоваться в полной мере. Дополнением к закону минимума является **правило совокупности действия факторов или закон совокупного действия**: Продуктивность биологической*

системы определяется всей совокупностью воздействующих факторов, а не только фактором, имеющимся в минимуме. Казалось бы, правило противоречит закону. На самом деле они дополняют друг друга: совокупность факторов определяет успешность процессов, идущих в био- и экосистемах, но в то же время лимитирующий фактор сдерживает скорость хода этих процессов. Например, рост растений идет под совокупным действием тепла, влаги и т.д., но его замедление возможно от холода, засухи, любого другого отдельно лимитирующего фактора, которые нередко усиливают или ослабляют друг друга.

Литораль – кромка берега, периодически заливаемая во время приливов.

Мезофиты – растения, произрастающие при среднем увлажнении, умеренно теплом режиме.

Мериуализ – взаимовыгодное сожительство организмов разных видов. Лишайники – сожительство гриба и водоросли; рак-отшельник и акимении. Насекомые-опылители и цветковые растения.

Местообитание – специфическая физическая среда, в которой живет организм (лес, пустыня, болото и т.д.).

Миграции – передвижения животных, вызванные изменением условий существования или связанные с циклами их развития.

Моногамия – единобрачие, спаривание самца с одной самкой в течение одного или нескольких сезонов.

Монофаги – организмы, питающиеся определенными кормовыми растениями. При неурожае или гибели кормового растения монофаги могут погибнуть, несмотря на то, что узкоспециализированные в пищевом отношении животные обладают способностью совершать миграции или переносить длительные голодовки.

Неисчерпаемые природные ресурсы – количественно неиссякаемая часть природных ресурсов (солнечная энергия, ветер, приливы).

Нейтрализм – форма отношений, при которой совместно обитающие на одной территории виды не влияют друг на друга. Например, белки и лоси в одном лесу не контактируют друг с другом.

Нектон – животные, способные к быстрому плаванию и преодолению силы течений.

Обмен веществ – последовательное потребление, превращение, использование, накопление и потеря веществ и энергии в живых организмах в процессе жизни, позволяющие им самосохраняться, расти, развиваться и самовоспроизводиться в условиях окружающей их среды, а также адаптироваться к ней, ее изменениям.

Олигофаги – животные, живущие за счет нескольких видов растений.

Оптимум – доза фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма.

Организм – всякое живое тело, живое существо, реальный носитель жизни, который характеризуется всеми ее свойствами и происходит от одного зачатка: семени, споры, оплодотворенной яйцеклетки и т.д. Организм – синоним терминов “особь”, “индивид”. Экология особей иначе называется аутоэкологией (греч. Аутоc – сам).

Паразитизм – отношения, при которых один вид паразит использует другого хозяина как среду обитания и источник пищи, причиняя вред хозяину.

Парниковый эффект – глобальное потепление климата.

Пессимум – доза фактора, угнетающая жизнедеятельность организма, но он еще может существовать.

Пищевая цепь, цепь питания, трофическая цепь – последовательность групп организмов (пищевых звеньев), каждая из которых служит пищей для последующей группы, т.е. связана отношением пища – потребитель. Обычно бывает от 1 до 5 и более звеньев.

Планктон – взвешенные, парящие в воде организмы.

Плотность популяций – число особей, приходящихся на единицу площади или объема.

Пойкилотермные или холоднокровные животные - имеющие неустойчивый уровень обмена веществ и непостоянную температуру тела, которая незначительно или вообще не отличается от температуры окружающей среды и изменяется вместе с ней его систематических групп, отдельных органов и их систем.

Полигамия – многобрачие.

Полиморфизм популяций – неоднократность популяции, связанная с наличием в ней различных возрастных групп (возрастная структура), неполовозрелых, активно размножающихся и уже прекративших размножение особей (половая структура), сезонных фаз.

Полифаги – организмы, использующие обширную группу животных и растений в качестве пищи. В случае исчезновения основного корма олигофаги и полифаги могут переключаться на другие источники пищи.

Популяционные волны – периодические и непериодические колебания численности популяций под влиянием абиотических и биотических факторов среды, свойственные всем видовым популяциям.

Популяция (природная) – совокупность особей одного вида с общим генофондом, в течение большого числа поколений населяющих определенное пространство с относительно однородными условиями обитания. Свойствами популяций занимается *популяционная экология*.

Продуценты – организмы-автотрофы, синтезирующие органические вещества из неорганических составляющих, т.е. организмы, которые способны строить свои тела за счет неорганических соединений, используя солнечную

энергию (зеленые растения, микроскопические водоросли и др.). Они составляют первое звено пищевой цепи и экологической пирамиды.

Редуценты – организмы-гетеротрофы, главным образом бактерии и грибы, которые в ходе жизнедеятельности превращают органические остатки (мертвую органику) в неорганические вещества. Другое название редуцентов – *деструкторы*.

Резистентность – устойчивость, невосприимчивость к каким-либо факторам, показатель способности системы избегать изменений.

Ресурсы – организм может потреблять сам и тем самым снижать их доступность для других организмов (например, пища).

Саморегуляция – приспособление организмов для поддержания жизни в постоянно меняющихся условиях.

Смертность популяции – это количество особей погибших за определенный период.

Сообщество (ценоз) организмов – совокупность популяций разных видов, занимающая определенный участок (например сообщества леса, болота, гниющего дерева). Термин “сообщество” используют часто как синоним термина “биоценоз”. Сообщество может состоять из сотен и тысяч разных видов. Сообщество изучает *экология сообществ*, называемая также *экосистемной экологией*. Экология сообществ и популяционная экология объединяются под названием *синэкология* (греч. Син – вместе).

Среда – это все то, что окружает особь (популяцию, сообщество) и воздействует на нее. Среда характеризуется экологическими факторами, которые принято делить на биотические, абиотические и антропогенные (более правильно – антропические). Соответственно, отличают среду биотическую, абиотическую и антропогенную.

Стабильность – способность биосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности под воздействием внутренних для нее факторов.

Стенобионт (греч. Стенос – узкий, тесный) – организм, требующий строго определенных условий существования (например, таковы почти все растения влажных тропических лесов).

Стресс – ответная неспецифическая реакция популяции на какой-то сильный раздражитель окружающей среды.

Сублитораль – область плавного понижения до глубины 200 м.

Суккуленты – сочные растения ксерофиты с мясистыми листьями или стеблями, в которых запасается вода на период засухи (агава, огиток, алоэ, кактусы).

Сциофиты (теневые) – растения, живущие под пологом леса в постоянной тени, не выносят сильного освещения.

Толерантность (лат. Толерация – терпение) – способность организмов

выносить отклонения значений экологических факторов от оптимальных для себя.

Трофический уровень – совокупность организмов, которые занимают определенное положение в общей цепи питания. Представление о пищевых цепях и трофических уровнях является скорее абстракцией, и линейную цепь с четко разделенными уровнями можно создать лишь в лаборатории. В природе реально существуют *трофические сети (пищевые сети)*, в которых многие популяции принадлежат сразу к нескольким трофическим уровням. Один и тот же организм нередко потребляет в пищу и животных, и растения; хищник может питаться консументами 1-го и 2-го порядка; многие животные едят и живые, и отмершие растения.

Ультраабиссаль – дно океанических впадин (6 – 11 км).

Условия – это факторы, воздействие которых на организм не зависит от их потребления другими организмами (например, температура атмосферного воздуха). Для нормального развития биологической системы необходимо наличие различных факторов строго определенного качества, каждый из них должен быть еще и в определенном количестве. Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма, называется **оптимумом**, а дающая наихудший эффект, – **пессимумом** (пессимум – это условия, при которых жизнедеятельность организма максимально угнетается, но он еще может существовать).

Факультативные гелиофиты (теневыносливые) – растения, которые могут жить при хорошем освещении, но легко переносят некоторое затенение (растения леса).

Филогенез – историческое развитие организмов, эволюция органического мира, различных

Фитофаги – виды, питающиеся растительными организмами и их продуктами.

Фотопериодизм – реакция организмов на чередование и продолжительность светлых и темных периодов суток (сезонов)

Фотосинтез (греч. Фотос – свет, синтез – соединение) – процесс превращения зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами чистой энергии в энергию химических связей органических веществ. Этот процесс происходит с участием пигментов, прежде всего хлорофила, наиболее интенсивно поглощающих свет определенных участков спектра (красные и сине-фиолетовые лучи).

Хищничество – форма межвидовых взаимоотношений, при которой одни организмы (хищники) поедают других (жертву, добычу), предварительно убив их. Хищничество встречается во всех крупных группах организмов. Частным случаем хищничества служит **Каннибализм** – поедание особей своего вида,

чаще всего молоди. Каннибализм чаще всего встречается у пауков (самки нередко съедают самцов), у рыб (поедание мальков), иногда встречаются случаи каннибализма среди млекопитающих.

Численность популяции – это общее количество особей на данной территории или в данном объеме.

Эврибионт (греч эурис – широкий) – организм, живущий в различных, порой резко отличающихся друг от друга условиях среды (например, лисица обитает от лесотундры до степей, питаясь как животной, так и растительной пищей). Экологически негибкие, т.е. маловыносливые виды называются стенобионтами, более выносливые – эврибионтами. Стенобионтность и эврибионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. По отношению ко всем факторам среды (или во всяком случае ко многим) эврибионтных организмов очень мало. Чаще всего стено- или эврибионтность проявляется по отношению к одному фактору. Эврибионтность обычно способствует широкому распространению вида. Экологическая валентность видов по отношению к разным факторам среды неодинакова, поэтому каждый вид обладает специфичным *экологическим спектром*, т.е. суммой экологических валентностей по отношению к факторам среды.

Эйдэкология (экология видов) – наименее разработанное подразделение современной экологии. Вид как уровень организации живой природы, как надорганизменная биологическая макросистема еще не стал объектом экологических исследований.

Экологическая ниша – совокупность всех факторов среды, которые требуются для существования вида, включая его связи с другими видами в природе (в сообществе, экосистеме). Каждый вид имеет свою нишу, которую он отвоевал у других видов в ходе конкурентной борьбы и которая определяет его роль и распространение в сообществах, экосистемах. Различают фундаментальную и реализованную ниши. *Фундаментальная* экологическая ниша – это те условия, в которых вид в принципе может существовать, *реализованная* – это условия, где вид реально встречается в данном сообществе. *Реализованная* ниша всегда составляет некоторую часть фундаментальной. Выражение “свободная экологическая ниша” означает, что в рассматриваемой экосистеме есть сумма условий для обитания и жизнедеятельности какого-то вида, но этот вид в рассматриваемом месте отсутствует, хотя в других аналогичных биогеоценозах присутствует. Фактически “свободных” экологических ниш не существует, и все так называемые пустующие ниши – лишь обман зрения, потому что заполнение экологической ниши, как функционального места вида в экосистеме, просто требует иногда значительного времени. Об этом говорит *правило (обязательности) заполнения экологических ниш: В случае исчезновения вида по каким –либо причинам его нишу рано или поздно занимает другой*

вид, который способен выполнять те же функции в сообществе, что и исчезнувший вид, т.е. происходит экологическое дублирование.

Экологическая пирамида – графическое изображение соотношения в экосистеме между продуцентами, консументами и редуцентами. Соотношение может быть выражено в единицах биомассы (сухого или сырого ее веса) – *пирамида биомасс* – числа особей – *пирамида чисел Элтона* или энергии, заключенной в особях, – *пирамида энергий*. Звено пищевой цепи составляет уровень экологической пирамиды.

Экологическая пластичность (экологическая валентность) – свойство видов организмов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого вид может существовать, тем выше его экологическая пластичность, тем шире диапазон его толерантности.

Экологический мониторинг – наблюдение, контроль и управление состоянием окружающей среды. Задачей современного мониторинга является прогноз.

Экологический фактор – любой компонент среды, на который организм реагирует приспособительными реакциями.

Экосистема (экологическая система) – основная структурная единица биосферы – представляет собой единый природный или природно-антропогенный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные экологические компоненты связаны между собой причинно-следственными связями, обменом веществ и распределением потока энергии. В термодинамическом отношении экосистема является, как говорят физики, *открытой системой*, т.к. живые организмы постоянно обмениваются веществом и энергией с внешней средой. По масштабам различают *микроэкосистемы* (например, ствол гниющего дерева), *мезоэкосистемы* (греч. Мезос – средний, промежуточный) – (лес, пруд, озеро и др.), *макроэкосистемы* (континент, океан) и, наконец, *глобальную* экосистему (биосфера Земли). Любой организм способен развиваться только в экосистеме, а не изолированно. Более мелкие и простые экосистемы входят в более крупные и сложные, и все вместе составляют биосферу, которая сама является глобальной экосистемой.

Экосфера – совокупность свойств планеты Земля, которые создают условия для развития жизни на Земле (биотоп биосферы). Пространственно включает тропосферу, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы. Этот термин употребляется также и в другом значении: совокупность свойств космического тела и его влияния на среду космического пространства (например, экосистема Солнца).

Элиминация – гибель особей или исчезновение любых систематических

категорий (видов, родов...) в процессе борьбы за существование.

Эпифиты – воздушные растения, не имеющие корней в почве. Поселяются на стволах других растений, но не паразитируют на них.

Эфемеры – однолетние растения с очень коротким вегетационным периодом, ограниченным сжатыми сроками весеннего или осеннего увлажнения (незабудка песчаная, вероника весенняя)

Эффект группы – свойство группы организмов, характеризующаяся более высокой степенью объединения и способностью к саморегуляции численности.

Список литературы

1. Ажгиревич, А.И., Денисов, В.В. и др. Экология /А.И. Ажгиревич, В.В. Денисов.-М.: Издательский центр «Март», 2006.-768 с.
2. Агрэкология /под редакцией В.А.Чернова.- М.: Колос, 2000.-536 с.
3. Бадина В.М. Сельскохозяйственная экология: Курс лекций/БГЭУ.- Минск, 2000.- 164 с.- Библиогр.: с. 160-161.
4. Баранников, В.Д., Кириллов, Н.К. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции/ В.Д.Баранников, Н.К. Кириллов // М.: Колос, 2005.- 352 с.
5. Коробкин В.И., Передельский, Л.В. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский.- Ростов н/Д.- «Феникс», 2000.-576 с.
6. Круковский, В.П. Экология и охрана водных ресурсов /В.П.Круковский// Учебное пособие для учащихся средних спец. Учебных заведений.- Минск: Ураджай, 2000.- 95 с.
7. Лысов, П.К. Биология с основами экологии/П.К. Лысов и др. - Учебник.- М.: Высшая школа, 2007.-655 с.
8. Маврищев, В.В. Основы общей экологии /В.В.Маврищев.- Учебное пособие для вузов небиологических специальностей.- Минск: Выш.шк., 2000.- 317 с.
9. Медведская, Т.В., Субботин А.М. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции/ Т.В.Медведская, А.М. Субботин.-Учебное пособие.-Витебск, 2013.-136 с.
- 10.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Сельскохозяйственная экология /В.А.Медведский, Т.В.Медведская.- Учебник.-Минск, 2010.- 416 с.
- 11.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Атмосфера: проблемы XXI века/В.А.Медведский, Т.В.Медведская.- Монография.- Витебск, 2007.- 207 с.
- 12.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Проблемы использования водных ресурсов /В.А. Медведский, Т.В. Медведская.- Монография.- Витебск, 2006.- 188 с.
- 13.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Мониторинг и использование природных ресурсов в сельском хозяйстве /В.А. Медведский, Т.В. Медведская.- Монография.- Витебск, 2011.- 400 с.
- 14.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства /В.А. Медведский, Т.В. Медведская.- Монография.- Витебск, 2013.- 185 с.
- 15.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Солнечная энергия и перспективы ее использования /В.А. Медведский, Т.В. Медведская.- Монография.- Ви-

- тебск, 2014.- 142 с.
- 16.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Экологические проблемы животноводческих объектов /В.А. Медведский, Т.В. Медведская.- Монография.- Витебск, 2017.- 175 с.
 - 17.Медведский, В.А., Медведская, Т.В. Роль воды в получении продукции животноводства /В.А. Медведский, Т.В. Медведская.- Монография.- Витебск, 2018.- 172 с.
 - 18.Мешечко, Е.Н. и др. Основы экологии/Е.Н. Мешечко и др. .- Учебное пособие,- Мн., «Экоперспектива», 2002.-375 с.
 - 19.Проблемы сельскохозяйственной экологии/ Ред. Незавитин А.Г.- Новосибирск: Наука; Сибирская издательская фирма РАН, 2000.- 255 с.
 - 20.Смирнов С.Н. Радиационная экология: Учебное пособие/ Международный независимый эколого-политологический университет.- М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.- 334 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ..... | 5 |
| 1. ОСНОВЫ АУТЭКОЛОГИИ..... | 12 |
| Организм и среда обитания..... | 12 |
| Экологические факторы среды и характер их действия..... | 13 |
| Приспособление организмов к неблагоприятным условиям среды | 16 |
| Основные абиотические факторы среды и их влияние на организмы | 17 |
| Биотические факторы среды..... | 31 |
| 2. ОСНОВНЫЕ СРЕДЫ ЖИЗНИ..... | 32 |
| Водная среда..... | 32 |
| Наземно-воздушная среда..... | 34 |
| Почва как среда жизни..... | 37 |
| Живые организмы как среда жизни..... | 39 |
| 3. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ, СООБЩЕСТВ И ЭКОСИСТЕМ..... | 41 |
| ПОПУЛЯЦИИ..... | 41 |
| Пространственная структура популяций..... | 41 |
| Возрастная и половая структура популяций..... | 42 |
| Этологическая структура популяции..... | 43 |
| Полиморфизм популяций..... | 44 |
| Динамическая характеристика популяций..... | 46 |
| Популяция, как саморегулирующаяся система. | 47 |
| БИОЦЕНОЗЫ..... | 47 |
| Типы взаимоотношений организмов в биоценозе..... | 49 |
| Биологические связи животных и растений..... | 50 |
| Структура биоценозов. | 51 |
| Простые и сложные биоценозы..... | 55 |
| Потоки вещества и энергии в экосистеме. Цепи и циклы питания. ... | 55 |
| Экологическая пирамида..... | 57 |
| Динамика и стабильность экосистем..... | 59 |
| Агроценозы..... | 60 |
| Экологические сукцессии..... | 61 |
| 4. БИОСФЕРА..... | 65 |
| Общее представление о геосферах..... | 65 |
| Состав и границы биосферы..... | 66 |
| Учение В.И.Вернадского о биосфере..... | 66 |
| Живое вещество биосферы и его функции..... | 68 |
| Круговорот веществ..... | 69 |
| Ноосфера..... | 71 |

| | |
|---|-----|
| АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОСФЕРУ..... | 73 |
| Место человечества в биосфере..... | 73 |
| Антропогенный фактор в биосфере..... | 80 |
| Экологические кризисы в истории человечества..... | 84 |
| Биосферные функции человечества..... | 87 |
| 5. ОХРАНА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ | 88 |
| Состояние почвенных ресурсов в Беларуси..... | 89 |
| Биологические свойства почвы..... | 91 |
| Деградация и эрозия почвенного покрова..... | 93 |
| Экологическая ситуация в условиях интенсивной мелиорации земель. | 95 |
| Самоочищение почвы..... | 98 |
| Охрана земельных ресурсов. | 101 |
| 6. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА..... | 103 |
| Состояние водных ресурсов РФ..... | 103 |
| Использование водных ресурсов..... | 104 |
| Источники загрязнения водных объектов..... | 109 |
| Антропогенные факторы воздействия на состояние природных вод... | 109 |
| Самоочищение воды..... | 112 |
| Стандартизация и нормативы качества воды..... | 114 |
| Улучшение качества воды..... | 117 |
| Проблема дефицита питьевой воды..... | 121 |
| 7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АТМОСФЕРНОГО ВОЗ- ДУХА..... | 125 |
| Источники загрязнения атмосферного воздуха..... | 126 |
| Предупреждение и способы снижения загрязнения..... | 132 |
| Шумовое загрязнение атмосферы..... | 136 |
| 8. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА. | 138 |
| Охрана, использование и улучшение сенокосов и пастбищ..... | 138 |
| Лес – важнейший природный ресурс..... | 141 |
| Основные экологически значимые направления лесопользования и лесохозяйственной деятельности..... | 143 |
| Охрана отдельных видов растений и растительных сообществ. | 144 |
| 9. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИВОТНОГО МИРА... | 147 |
| Роль животных в биосфере и жизни человека..... | 148 |
| Взаимоотношения между человеком и животными..... | 151 |
| Охрана редких животных..... | 160 |
| 10. ЭКОЛОГИЯ – ОСНОВА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРА- НА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... | 164 |
| Заповедные и другие охраняемые территории..... | 165 |
| Биосферные заповедники..... | 169 |

| | |
|--|------------|
| Охраняемые природные территории РФ..... | 170 |
| Мониторинг окружающей среды..... | 171 |
| 11. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СВЯЗИ С КАТАСТРОФЕЙ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС..... | 177 |
| Принципы ведения сельскохозяйственного производства на террито- риях с повышенным содержанием радионуклидов..... | 177 |
| Переход радионуклидов из кормов в молоко и мясо..... | 181 |
| Особенности ведения сельского хозяйства в условиях радиоактивно- го загрязнения..... | 182 |
| Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в продук- цию животноводства..... | 185 |
| 12. СОСТОЯНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ | 188 |
| Экологические проблемы мирового масштаба..... | 188 |
| Глобальный экологический кризис и пути выхода из него..... | 191 |
| Природные ресурсы и демографические проблемы..... | 194 |
| Кислотные дожди и закисление почв..... | 202 |
| Проблема разрушения озонового слоя..... | 203 |
| 13. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ..... | 205 |
| Сельское хозяйство и экология..... | 205 |
| Источники загрязняющих веществ и их состав | 206 |
| Тяжелые металлы..... | 208 |
| Химические средства защиты растений..... | 213 |
| Загрязнение веществами и соединениями, применяемыми в животноводстве..... | 215 |
| Возбудители инфекционных болезней, общих для животных и чело- века..... | 222 |
| 14. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА КРУПНЫХ ЖИВОТ- НОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ И ПУТИ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ..... | 227 |
| Газовоздушные выбросы животноводческих и птицеводческих пред- приятий..... | 228 |
| Проблемы утилизации навоза..... | 235 |
| Охрана окружающей среды в зонах размещения птицеводческих комплексов..... | 239 |
| Обеспечение экологической безопасности животноводческих ком- плексов..... | 244 |
| Экологическая безопасность при проектировании и реконструкции животноводческих и птицеводческих предприятий | 246 |
| Экологическая паспортизация животноводческих и птицеводческих предприятий..... | 249 |

| | |
|---|-----|
| 15. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ..... | 250 |
| Санитарно-гигиеническая оценка продовольственного сырья и пищевых продуктов животноводства..... | 250 |
| Обеспечение качества окружающей среды и животноводческой продукции..... | 280 |
| 16. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРАВО..... | 282 |
| Контроль и управление в области охраны окружающей природной среды..... | 282 |
| Права, обязанности граждан в области охраны окружающей среды.. | 284 |
| Международное сотрудничество..... | 284 |
| Органическое земледелие..... | 287 |
| КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ..... | 291 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 305 |

Учебное издание
**УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗА-
ВЕДЕНИЙ**

**МЕДВЕДСКИЙ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ
МЕДВЕДСКАЯ ТАМАРА ВЯЧЕСЛАВОВНА**

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебник

Сдано в набор _____ Подписано в печать _____

Формат 84x108 ¹/₃₂

Бумага офс. №1. Гарнитура школьная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 19,0

Уч.-изд. л. 19,5. Тираж 500 экз. Заказ 213.