Министерство сельского
хозяйства РФ
ФГБОУ ВПО «Самарская
государственная
сельскохозяйственная
академия»

Кафедра «Технология
производства
продуктов животноводства»

Н.Е. Земскова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ

Методические указания для выполнения курсовой работы

для студентов очной формы обучения
по профилю 020803.65 «Биоэкология»
и направлению 020400.62 — Биология

Кинель РИЦ СГСХА 2013

УДК 638.1

ББК

З-55

Земскова Н.Е.

З-55 Экологическая безопасность сырья и продуктов: методические указания для выполнения курсовой работы. – Кинель РИЦ СГСХА 2013 – 26. с.

Методические указания для студентов очного обучения по профилю: 020803.65 «Биоэкология»; они содержат материал для подготовки курсовой работы по дисциплине «Экологическая безопасность сырья и продуктов». Данное пособие способствует освоению и практическому применению знаний, полученных при изучении данной дисциплины.

Методические указания могут быть использованы при изучении дисциплины «Экологическая безопасность сырья и продуктов».

© Самарская ГСХА, 2013

© Земскова Н.Е., составление, 2013

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Экологическая безопасность сырья и продуктов» предусмотрена учебным планом подготовки студентов Самарской ГСХА по специальности 020803.65 «Биоэкология» и направлению 020400.62 «Биология».

В соответствии с учебным планом курсовая работа должна быть выполнена и сдана в течение 1 месяца со дня выдачи задания.

Курсовая работа представляет собой учебно-практическое исследование, предназначенное для систематизации, углубления и закрепления знаний, полученных студентом в процессе изучения дисциплины «Экологическая безопасность сырья и продуктов».

Цель курсовой работы – изучение вопросов практической организации проведения анализов и оценки экологической безопасности сырья и продуктов для развития производства качественных и безопасных продуктов питания.

Основные задачи курсовой работы:

– раскрыть актуальность оценки экологической безопасности сырья и продуктов в современных условиях производства;

– изучить этапы оценки экологической безопасности сырья и продуктов;

– изучить методы оценки экологической безопасности продукции;

Процесс подготовки курсовой работы включает следующие этапы:

– выбор и закрепление темы;

– ознакомление с литературой и составление плана работы;

– изучение вопросов оценки экологической безопасности определенного вида сырья или пищевого продукта;

– написание и оформление курсовой работы;

– получение допуска к защите и защита курсовой работы.

ВЫБОР И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТЕМЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тема курсовой работы выбирается студентом самостоятельно в соответствии с перечнем тем, рекомендуемых кафедрой, согласуется с научным руководителем и закрепляется кафедрой. Темы курсовой работы представлены в Приложении 1. Студент может выбрать любую другую интересующую его тему, являющуюся продолжением его научных исследований, однако, при этом необходимо учитывать научную и практическую значимость работы, ее новизну.

Каждому студенту выдается задание, в котором указывается тема курсовой работы; перечень вопросов, подлежащих разработке; сроки выдачи задания и сдачи работы на кафедру.

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Разработка курсовой работы должна начинаться с изучения теоретического положения вопросов, охватывающих тему.

Для этого следует воспользоваться предметным каталогом в библиотеке, а также интернетом при подборе литературных источников, знакомящих с теоретическим разделом разрабатываемого материала.

Примерная библиография приведена в Приложении 2. Также, необходимо рассмотреть касающийся избранной теме материал, помещаемый в периодических изданиях: «Право и безопасность», «Управление качеством», «Стандарт: Бизнес-класс», «Пищевая промышленность», «Экология», «Теоретическая и прикладная экология», «Химическая и биологическая безопасность», «Стандарты и качество», «Методы оценки соответствия», «Мир измерений», «Молочная промышленность», «Мясная промышленность», «Пиво и напитки», «Кондитерское производство» и др.

На базе утвержденной тематики и настоящих методических указаний студент индивидуально составляет первую версию оглавления курсовой работы и список использованной литературы, которые уточняются и согласовываются с руководителем курсовой работы.

СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Структурными элементами курсовой работы являются:

– титульный лист (приложение 3);

– задание для курсовой работы (приложение 4);

– реферат (приложение 5);

– оглавление (приложение 6);

– введение (4-5 % от общего объема);

– обзор литературы (25-35 % от общего объема);

–специальная часть (45-50 % от общего объема);

– заключение (5-10 % от общего объема);

– библиографический список;

– приложения.

Реферат – краткое точное изложение содержания курсовой работы, включающее основные фактические сведения и выводы. Реферат включает:

– объект и предмет исследования или разработки,

– тему, цель работы;

– метод или методологию проведения работы;

– результаты работы, их социально-экономическую эффективность или значимость работы;

– область применения результатов;

– выводы;

– дополнительную информацию.

Оглавление состоит из перечня разделов, глав, подразделов и/или параграфов работы и включает: введение; название всех разделов и подразделов, заключение, библиографический список и наименование приложений, для каждого из которых указываются номер страниц, с которых начинаются эти компоненты курсовой работы. От конца текста до номера страницы дается отточие.

Во введении должна быть раскрыта актуальность темы курсовой работы, определен объект исследований; приведены цель и задачи работы.

В обзоре литературы нужно показать знакомство студента со специальной литературой, где он оценивает ранее сделанное другими исследователями в области изучаемой темы. При этом материалы обзора следует систематизировать в определенной

логической последовательности, критически их рассмотреть, выделить существенное и определить главное в современном состоянии изученности темы.

Специальная часть связана с анализом изучаемого объекта. Здесь предлагаются практические рекомендации в русле рассматриваемой темы.

Специальная часть должна содержать:

- этапы оценки продукции с целью обнаружения ксенобиотиков;

– классификацию и краткую характеристику методов определения конкретного ксенобиотика;

- выбор наиболее подходящего метода с точки зрения студента и обоснование данного решения;

- подробное описание выбранной методики, применительно к определенному виду сырья или продукта.

Заключение должно содержать:

– краткие выводы по результатам выполнения курсовой работы, оценку полноты решений поставленных задач в достижении цели работы;

– рекомендации по конкретному использованию результатов исследований.

Библиографический список должен содержать сведения об информационных источниках (литературных, электронных и др.), использованных при составлении курсовой работы. В ходе написания работы должно быть изучено не менее 10 литературных источников, не считая государственных стандартов.

В *приложения* рекомендуется включать материалы, связанные с выполненной курсовой работой, которые по каким-либо причинам не были включены в основную часть. В приложения могут быть включены:

– документы, использованные при выполнении работы;

– таблицы вспомогательных цифровых данных или иллюстрирующих расчетов;

– инструкции, методики и другие материалы, разработанные автором в процессе выполнения работы;

– иллюстрации вспомогательного характера и др.

Объем курсовой работы должен составлять 25-30 страниц печатного текста.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на спад производства и осуществление ряда природоохранных мер как на федеральном, так и на региональном уровне, экологическая обстановка в наиболее населенных и промышленно развитых районах страны остается неблагополучной, а загрязнение природной среды - высоким. Накопившиеся за десятилетия экологические проблемы нередко усугубляются проблемами, возникшими в последние годы (в том числе в результате ослабления государственного управления и поспешной приватизации собственности).

За последние годы произошла деэкологизация государственного управления: сократилась государственная поддержка природоохранной деятельности, перманентные реорганизации (сопровождавшиеся снижением статуса и сокращением штатной численности и объемов бюджетного финансирования) поставили государственную систему охраны природы в критическое положение. Продолжение этого процесса реально угрожает разрушением природоохранных структур [1].

Представленная работа посвящена теме «Определение пестицидов в комбикормах» по дисциплине «Экологическая безопасность сырья и продуктов». Проблема данного исследования носит актуальный характер в современных условиях. Об этом свидетельствует частое изучение поднятых вопросов о загрязнении природной среды. Для современного состояния окружающей среды характерен переход к глобальному рассмотрению проблем тематики.

Актуальность настоящей работы обусловлена, с одной стороны, большим интересом к теме в современной науке, с другой стороны, ее недостаточной разработанностью, а также вниманием к окружающей среде в современном мире. Теоретическое значение изучения проблемы загрязнения заключается в том, что избранная для рассмотрения проблематика находится на стыке сразу нескольких научных дисциплин.

Целью работы является – изучение вопросов практической организации проведения анализов и оценки пестицидов в

комбикормах для развития производства качественных и безопасных продуктов питания.

Основные задачи курсовой работы:

– раскрыть актуальность оценки продукции на содержание остаточных пестицидов;

– изучить этапы оценки сырья и продуктов на наличие пестицидов;

– изучить методы определения пестицидов в комбикормах;

- выбрать наиболее подходящий способ выявления пестицидов.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Многолетнее использование пестицидов на огромных сельскохозяйственных и лесных территориях, часто с применением авиации, привело к масштабному загрязнению окружающей среды. Более того, молекулы ядохимикатов (особенно это относится к стойким соединениям) включаются в природные процессы миграции и круговорота веществ и разносятся вместе с атмосферными потоками на большие расстояния. Например, в Антарктиде, за десятки тысяч километров от зон применения, ледниковый панцирь накопил более 2000 т ДДТ. Химические вещества вместе с водным стоком с полей попадают в реки и озера, накапливаются в донных отложениях, поступают в Мировой океан. Но самое главное — они включаются в экологические пищевые цепочки: из почвы попадают в воды и растения, затем — в организмы животных и птиц, а, в конечном счете — с пищей и водой — в организм человека. И на каждом этапе миграции они наносят вред и ущерб. Однако так как вредные насекомые со временем приспосабливаются к ядовитым свойствам этих веществ и эффективность пестицидов падает, их количество на единицу сельскохозяйственной продукции приходится постоянно увеличивать [2].

По данным индийских ученых, злоупотребление пестицидами уже в следующем десятилетии способно спровоцировать взрыв раковых заболеваний и мутаций в развивающихся странах. Эти генетические изменения необратимы [4].

Из всех химических веществ, которые поступают в организм человека с воздухом, водой, пищей, наиболее опасными считаются пестициды. Стойкие пестициды способны накапливаться в жировой ткани людей и животных, отрицательно воздействуя на нервную и сердечно - сосудистую системы [5,8].

Проанализировав вышеизложенный материал, можно сделать вывод о том, что, к сожалению, от пестицидов в настоящее время пока невозможно отказаться. Важно не допускать их нерационального использования, ведь это приводит к накоплению ядохимикатов в продуктах массового потребления, что в результате отражается на здоровье людей.

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Этапы оценки продукции с целью обнаружения ксенобиотиков, в том числе пестицидов

Существующие методы оценки экологической безопасности продукции включают следующие этапы:

1. Отбор пробы.
2. Подготовка пробы к анализу.
3. Анализ.

1. Проба — количество нештучного товара или часть образца, отобранное из контролируемой партии, тождественное по составу и свойствам партии

Точечная проба — проба, взятая единовременно, характеризующая качество в одном объекте или тарном месте, в резервуаре или транспортном средстве.

Объединенная проба — проба, полученная объединением нескольких точечных проб путем перемешивания в определенном соотношении, имеющая средние значения искомых характеристик. Объединенная проба делится на три части: Аналитический образец используется для исследования. Арбитражный образец хранится (в течение срока годности товара) в опечатанном виде на случай арбитражных исследований. Контрольный образец может быть использован (в течение срока годности товара), если первичное исследование было проведено неудачно.

Отбор проб — важнейший этап экспертизы продукции. Целью отбора проб является доставка для лабораторного испытания минимальной части данного объекта, которая достоверно отражает его качественные характеристики.

Пробы и образцы сырья и продуктов могут отбирать должностные лица таможенных или других государственных органов; декларанты и их представители; лица, обладающие полномочиями в отношении товаров и т.д.

Отбор проб включает три этапа:

- общий осмотр партии;
- отбор выборок или точечных проб;
- составление объединенной пробы из исходного образца.

Общих правил отбора проб не существует. Для многих веществ выработаны специальные правила, отраженные в национальных и международных стандартах, ведомственных инструкциях. Одним из главных условий является достаточное количество образца для выполнения необходимых анализов. Пробы или образцы берутся в минимальных количествах, обеспечивающих возможность исследования.

2. Ситуация, когда, отобрав пробу, можно непосредственно приступить к аналитическим измерениям, является крайне редкой. Определению предшествуют перевод пробы в удобную для анализа форму (агрегатное состояние), ряд предварительных химических операций, выделение и концентрирование определяемых компонентов, создание благоприятных условий для измерения аналитического свойства. Все эти операции объединяют одним термином — подготовка пробы.

При вскрытии пробы определяемые компоненты чаще всего стремятся перевести в раствор, поскольку определение всеми без исключения химическими и многими физическими методами ведется в растворах (как правило, водных). Для операций разложения и растворения, особенно трудноразлагаемых и труднорастворимых веществ, не существует универсальных рецептов. Выбор метода и реагента определяется, прежде всего, составом и свойствами анализируемого объекта. Следует учитывать также возможности потерь определяемых компонентов, например, из-за улетучивания в виде легколетучих соединений (гидриды, оксиды, галогениды), внесения загрязнений реагентами, необходимыми для разложения, и мешающего влияния вводимых посторонних веществ на последующих стадиях анализа.

Неорганические вещества редко удается перевести в раствор в обычных условиях, растворяя их в воде или в водных растворах подходящих реагентов. Поэтому основными методами разложения неорганических материалов (металлы, сплавы, минералы, руды, стекла, керамика) являются такие сильнодействующие методы, как кислотное разложение, сплавление или спекание.

Органические соединения обычно разлагают (минерализуют) при помощи окислительных методов: сухим озолением, мокрым озолением или сплавлением.

3. В основе определения состава и свойств продукции лежит химический анализ. Он связан с проведением качественного и

количественного анализа состава продукции и сравнением полученных результатов с установленными нормативно-технической документацией требованиями. Химический анализ в широком смысле этого понятия, включающий физические и физико-химические методы, является составной частью метрологии. Его особенностью является предварительное проведение качественного анализа, т. е. идентификации химических частиц различного рода (атомов, молекул, ионов, радикалов) с последующим определением их количества (качественный анализ) в анализируемом продукте. Иногда физические и физико-химические методы объединяются под общим названием инструментальные методы, так как для измерения сигналов используется прецизионная аппаратура.

2.2 Методы определения пестицидов

Наиболее стойкими и одновременно обладающими четко выраженными кумулятивными свойствами являются хлорорганические пестициды.

Существует несколько способов определения остатков пестицидов в продукции: а) газожидкостная хроматография (ГЖХ); б) высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) и капиллярный электрофорез; в) тонкослойная хроматография; г) иммунохимический анализ; д) применение автоматических анализаторов.

Наиболее часто используется метод тонкослойной хроматографии.

2.3 Определение пестицидов в комбикормах методом тонкослойной хроматографии

Отбор проб проводят по ГОСТ 12330-66. Размер средней пробы для комбикорма составляет 40 г.

Экстракция

Навеску 40 г увлажняют в колбе 60 мл дистиллированной воды и оставляют на ночь в колбе, закрытой пробкой. Экстракцию пестицидов проводят дважды 50-100 мл смеси гексан - ацетон 1:1 при встряхивании в течение 2 часов. Экстракты объединяют в делительной воронке на 500 мл, прибавляют дважды по

50 мл дистиллированной воды и, после разделения слоев, нижний водный слой сливают в другую делительную воронку и экстрагируют пестициды 40 мл гексана. Водный слой сливают. Гексановые экстракты объединяют, фильтруют через воронку с бумажным фильтром, заполненным на 2/3 безводным сернокислым натрием. Экстракты упаривают на ротационном испарителе до объема 20-30 мл или досуха, растворяя затем сухой остаток в 20-30 мл гексана или петролейного эфира. Экстракт переносят в делительную воронку и производят очистку серной кислотой.

Хроматографирование

На хроматографическую пластинку на расстоянии 1,5 см от ее края шприцем или пипеткой наносят исследуемую пробу в одну точку так, чтобы диаметр пятна не превышал 1 см. Остаток экстракта в колбочке смывают тремя порциями (по 0,2 мл) диэтилового эфира, которые наносят в центр первого пятна. Справа и слева от пробы на расстоянии 2 см наносят стандартные растворы, с содержащие 10, 5, 1 мкг исследуемых препаратов (или другие количества, близкие к определяемым концентрациям).

Пластинки с нанесенными растворами помещают в камеру для хроматографирования, на дно которой за 30 минут до начала хроматографирования наливают подвижный растворитель. При использовании пластинок с тонким слоем окиси алюминия или силикагеля в качестве подвижного растворителя применяют н-гексан или смесь гексана с ацетоном в соотношении 6:1, для препаратов, у которых величина R в гексане ниже 0,3. При использовании пластинок «Силуфол» подвижный растворитель - 1% раствор ацетона в гексане. Край пластинки с нанесенными растворами может быть погружен в подвижный растворитель не более чем на 0,5 см.

После того как фронт растворителя поднимется на 10 см, пластинку вынимают из камеры и оставляют на несколько

минут для испарения растворителя. Далее пластинку орошают проявляющим реактивом и подвергают действию УФ света в течение 10-15 минут (лампа ПРК-4). Пластинки следует располагать на расстоянии 20 см от источника света.

При наличии хлорорганических пестицидов на пластинке появляются пятна серо-черного цвета. При использовании для анализа пластинок «Силуфол», импрегнированных о-толидином, их непосредственно после хроматографирования подвергают УФ-облучению в течение нескольких минут. При наличии хлорорганических пестицидов в этом случае появляются пятна сине-голубого цвета. Количественное определение осуществляют сравнением площадей пятен пробы и стандартных растворов. Между количеством препарата в пробе, не превышающим 20 мкг, и площадью его пятна на пластинке существует прямая пропорциональная зависимость. При большем содержании препарата следует использовать пропорциональную часть исследуемого экстракта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя анализ литературных источников, способов определения остаточных пестицидов, можно сделать вывод о том, что для анализа комбикормов наиболее достоверным методом является тонкослойное хроматографирование.

В целях развития производства качественных и безопасных продуктов, мы рекомендуем данный метод к использованию.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Общие требования

В курсовой работе необходимо использовать общенаучный язык, специальные и профессиональные термины, а также обороты речи, принятые для направления, по которому производится обучение. При написании курсовой работы необходимо исключать применение оборотов сленга, разговорной речи, произвольных словообразований, не установленных канонами правописания русского языка. Специальными и профессиональными терминами следует пользоваться в их буквальном значении.

При написании работы не допускается использовать личное местоимение «я», а следует применять местоимение «мы». Например, «нами установлено, мы приходим к выводу» и т. п. Рекомендуется также использовать высказывание авторского мнения от третьего лица (в частности, «автор полагает, что...») и страдательный залог (к примеру, «Рассмотрена степень воздействия...»).

Выполняют курсовую работу на листах белой бумаги формата А4 (210×297 мм) по ГОСТ 9327–60.

Текст курсовой работы (основной) должен быть составлен в редакторе Microsoft Word русифицированным шрифтом Times New Roman с полуторным межстрочным интервалом, размером 14 пт.

Абзацный отступ красной строки составляет 1,25 см.

Параметры страницы: верхнее поле – 20 мм, нижнее поле – 20 мм, левое поле – 30 мм, правое поле – 15 мм.

При выявлении графических неточностей, описок и опечаток в процессе подготовки работы, а также в результате проверки её преподавателем и нормоконтролером допускается подправлять закрашиванием белой корректирующей жидкостью (корректирующим карандашом) или подчисткой, с последующим нанесением на том же месте выправлений, схожих с компьютерным форматом, гелиевой или шариковой ручками черного цвета.

Разделы и нумерация

Основную часть работы необходимо разделить на главы, разделы, подразделы, пункты, подпункты и параграфы. Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа. Разделы должны иметь порядковую нумерацию 1, 2, 3 и т.д. в пределах всей работы, кроме приложений.

В пределах каждого раздела, подразделы должны иметь нумерацию. Номер подраздела включает номер раздела и порядковый номер подраздела, которые разделяются между собой точкой, например, 1.1, 1.2, 1.3 и т.д.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки, отражающие точно и кратко их содержание. Заголовки пунктов и подпунктов можно не нумеровать. Прописными буквами печатают заголовки разделов, а строчными - заголовки подразделов. Номера не присваиваются разделам «ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ и БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК».

Заголовками первого уровня являются наименования структурных элементов работы. Названия частей, разделов и глав, т.е. заголовки первого уровня, набираются прописными буквами, а подразделов, параграфов – строчными.

Нумерация страниц

Страницы работы должны нумероваться сквозным образом. Титульный лист считается первой страницей, где номер не ставится, но он входит в общее число страниц работы.

Также номера страниц не проставляются на задании, реферате и оглавлении хотя их включают в общую нумерацию страниц работы.

Нумерацию страниц целесообразно использовать с размещением номера в нижнем колонтитуле (внизу страницы), с выравниванием номера по середине. Наиболее общепринятым является простановка номера страницы арабскими цифрами.

Иллюстрации

Все иллюстрации в работе (графики, фотографии, эскизы, схемы) называются рисунками и нумеруются в пределах раздела.

Название рисунка состоит из его номера и наименования. Наименование включает расшифровку обозначений,

использованных в рисунке. Все рисунки нумеруются последовательно в пределах одного раздела арабскими цифрами. Номер рисунка состоит из порядкового номера раздела и порядкового номера рисунка в разделе, разделенных точкой. При небольшом числе рисунков допускается сквозная нумерация рисунков в пределах всей работы. В номер рисунка включается также слово «Рисунок», отделенное знаком «пробел» и тире от цифрового обозначения.

Графики, таблицы, эскизы и схемы располагаются вслед за первым упоминанием о них в тексте. Обозначения и нумерация их элементов должны соответствовать тексту работы. Например, номер рисунка в разделе 2 будет: Рисунок 2.1, Рисунок 2.2.

На все рисунки в тексте работы должны быть ссылки. Первая ссылка имеет вид, например, «рисунок 1» или «рисунок 1.1»; а все последующие ссылки на этот рисунок должны иметь вид – «см. рисунок 1» или «см. рисунок 1.1».

При ссылках на рисунки следует писать слово полностью, например, «… в соответствии с рисунком 2».

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Все обозначения, имеющиеся на рисунке, должны быть расшифрованы либо в подписи к нему, либо в тексте работы.

Слово «Рисунок» и наименование помещают, в основном, до пояснительных данных и располагают следующим образом:

Рис. 1 – Спектрометр

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Определение афлатоксинов в рисе.
2. Определение афлатоксинов в горохе.
3. Определение афлатоксинов в муке пшеничной.
4. Определение афлатоксинов в молоке коровьем.
5. Определение фузариума ржи.
6. Определение стафилококка.
7. Определение сальмонелл.
8. Определение патулина в пюре из яблок.
9. Определение патулина в виноградном соке.
10. Определение патулина в грушевом варенье.
11. Определение пестицидов в воде.
12. Определение пестицидов в комбикормах.
13. Определение пестицидов в кефире.
14. Определение нитратов в луке репчатом.
15. Определение нитратов капусте.
16. Определение нитратов в сенаже.
17. Определение нитритов в жмыхе подсолнечника.
18. Определение нитритов в комбикорме.
19. Определение токсичных элементов в растительном масле.
20. Определение токсичных элементов в куриных яйцах.
21. Определение токсичных элементов в говядине.
22. Определение токсичных элементов в зерне.
23. Определение радиоактивности воды.
24. Определение радиоактивности рыбы.
25. Определение диоксинов в почве.
26. Определение диоксинов в креветках.
27. Определение полициклических ароматических углеводородов в чае.
28. Определение массовой концентрации бензойной кислоты в безалкогольном газированном напитке.
29. Определение массовой доли нитрита натрия в колбасных изделиях.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Примерный перечень литературных источников

1. Акимова, Т.А. Экология. Человек - Экономика - Биота - Среда: Учеб. для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 495 с.
2. Алексеев, В.С. Экология: Учеб. пособие. - М.: РИОР, 2005. - 160 с.
3. Андерсон, Дж.М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек /Пер. с англ. под ред. Э.К. Бютнер, К.И. Кобак-Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 165 с.
4. Баранников, В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции: Учеб. пособие для вузов. - М.: КолосС, 2005. - 352 с.
5. Гавриленков, А.М. Экологическая безопасность пищевых производств: Учеб. пособие. - СПб.: Гиорд, 2006. - 272 с.
6. Горелов, А.А. Экология: Учеб. пособие. - М.: Центр, 1998. - 240 с.
7. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - М.: Гидрометеоиздат, 1984. - 560 с.
8. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия: Учеб. для с/х вузов. - М.: Колос, 1996. - 367 с.
9. Матвеев, Н.М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье - Самара: Изд-во «Самарский ун-т», 1997. - 215 с.
10. Николайкин, Н.И. Экология: Учеб. для вузов. - М.: Дрофа, 2006. - 622 с.
11. Ожегов, Ю.П. Экологический импульс: Проблемы формирования экологической культуры молодежи. - М.: Мол. гвардия, 1990. - 271 с.
12. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природоиспользование в России /Под ред. В.Ф. Протасова. - М.: Финансы и статитика, 1995. - 528 с.
13. Соколова, Л.П. Экология: Учеб. - М.: Приор-издат, 2004. - 256 с.
14. Степановских, А.С. Экология: Учеб. для вузов - Курган: Зауралье, 2000. - 704 с.

15. Хотунцев, Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: Учеб. пособие. - М.: Академия, 2004. - 480 с.
16. Экологическая экспертиза:Учеб. пособие для вузов/Под ред. проф. В.М. Питулько. - М.: Академия, 2006. - 480 с.
17. Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства: Материалы международной научно-практической конференции/Пензенская ГСХА-Пенза, 2002. - 248 с.
18. Экологические основы применения инсектоакарицидов: Сборник научных трудов/Всесоюзный НИИ защиты растений. - Л.: ВИЗР, 1991. - 118с.
19. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства: Тезисы докладов международной конференции /Воронежский гос. аграр. ун-т им. Глинки-Воронеж, 1994. - 156 с.
20. Экология - здоровье - безопасность жизнедеятельности: Материала региональной науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию образования Курганской области /Курганская ГСХА - Курган: Курганский науч. центр МАНЭБ, 2002. -2 12 с.
21. Экология: Очистка воды и загрязненного воздуха, переработка и хранение радиоактивных отходов /НПО «Поиск» - М., 1991. - 354 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Факультет «Биотехнология и ветеринарная медицина»
Кафедра «Технология производства продуктов животноводства»

НАЗВАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнил(а) студент(ка)
курс, группа
_____
Ф.И.О.
_____
(подпись)

Руководитель,
ученая степень, звание
_____
_____
Ф. И. О.
_____
(подпись)

Работа защищена с оценкой
_____

Самара 2013

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу студента

_____

(Фамилия, Имя, Отчество полностью)

Группа _____

1. Дисциплина: Экологическая безопасность сырья и продуктов
2. Тема работы: «Определение пестицидов в комбикормах»
3. Срок сдачи студентом законченной работы 20 г.
4. Перечень вопросов, подлежащих разработке:

– раскрыть актуальность оценки продукции на содержание остаточных пестицидов;

– изучить этапы оценки сырья и продуктов на наличие пестицидов;

– изучить методы определения пестицидов в комбикормах;

- выбрать наиболее подходящий способ выявления пестицидов.

5 Календарный план

Наименование разделов курсовой работы	Срок выполнения разделов работы
Обзор литературы	
Основной материал по специальной части	
Заключение	

Руководитель работы _____/_____/

Студент _____/_____/

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

РЕФЕРАТ

Антонов С.А. «Определение пестицидов в комбикормах»
.
– г.о. Кинель: Самарская ГСХА, 2013.
К.Р. – 28 с., 3 ил., 5 табл.,
библиографический список – 15 наим.,
8 прил.

КОМБИКОРМА, ПЕСТИЦИДЫ, МЕТОДЫ, ПРОБА, РЕЗУЛЬТАТ

Объектом исследований является комбикорм.

Цель работы – изучить вопросы практической организации проведения определения пестицидов в комбикормах для развития производства качественных и безопасных продуктов питания.

В работе раскрыта актуальность оценки продукции на содержание остаточных пестицидов.

Описана классификация и дана характеристика методов определения пестицидов в комбикормах.

Рассмотрены: организация и проведение методов определения пестицидов в комбикормах

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ……..
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ……..
2.1 Этапы оценки продукции с целью обнаружения ксенобиотиков, в том числе пестицидов……
2.2 Методы определения пестицидов в комбикормах……..
2.3 Определение пестицидов в комбикормах методом тонкослойной хроматографии……..
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..
ПРИЛОЖЕНИЯ…….

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВО «Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Разведение и кормление сельскохозяйственных животных»

Л. Ф. Заспа, В. А. Корнилова, А. М. Ухтверов

ОСНОВЫ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ

Методические указания для лабораторных занятий

Кинель
РИЦ СГСХА
2015

УДК - 577
ББК –
З – 36

Заспа, Л.Ф.
З-36 Основы бионанотехнологии: методические указания для лабораторных занятий / Л.Ф. Заспа, В.А. Корнилова, А.М. Ухтверов. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 72 с.

В методических указаниях освещены основные направления бурно развивающихся в настоящее время нанобиотехнологий. Отражены наиболее интересные и перспективные достижения фундаментальной биологии, которые могут найти применение в нанобиотехнологиях. Особое внимание уделено углублению знаний о молекулярном, субклеточном (надмолекулярном) и клеточном уровнях организации живых систем, которые должны составить теоретическую основу для ознакомления с методами и достижениями нанотехнологий. В учебном издании рассматриваются ключевые направления нанотехнологий в области биологических исследований, а также практическое применение их результатов в медицине, охране окружающей среды и конкретных производствах.

Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению 06.03.01 «Биоэкология».

ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2015
© Заспа Л.Ф., Корнилова В.А., Ухтверов А.М., 2015

Предисловие

XXI век станет веком нанотехнологий, биотехнологий и информационных технологий. И именно бионанотехнология является результатом синергетического соединения этих трёх технологических направлений XXI века.

Бионанотехнология как одна из самых молодых технологических дисциплин в настоящее время переживает процесс своего становления. Стремительное развитие нанотехнологий требует изучения наномашин, во множестве присутствующих в любой биологической системе, поскольку именно в живой клетке находятся и очень эффективно функционируют природные молекулярные наномашины, на совершенствование конструкции которых природа потратила 3,5 млрд. лет эволюции. Молекулярные двигатели, сверхчувствительные рецепторы и наносенсоры, механизмы для репликации ДНК и синтеза белка, а также множество других нанобиоустройств – всё это возникло уже в простейших клетках бактерий три миллиарда лет назад и с тех пор непрерывно совершенствовалось эволюционными механизмами естественного отбора. И сегодня, через миллиарды лет после возникновения жизни, человечество начинает использовать в технике структурные и функциональные принципы, на которых построены биологические наномашины, и внедрять эти принципы в наноэлектронику, в наномедицину, в пищевые, сельскохозяйственные и экологические технологии.

Современный подход к изложению дисциплина "Бионанотехнология" предусматривает обязательное изучение биотехнологических и молекулярно-биологических принципов, методов и способов манипуляции атомами и молекулами для решения нанотехнологических задач, а также механизмов создания структур и функциональных комплексов на атомно-молекулярном уровне с использованием биологических прототипов. Научную основу бионанотехнологии составляют физика и химия, биохимия и биофизическая химия, молекулярная биология, биоинформатика и молекулярная биотехнология.

Занятие 1. Нанотехнология и бионанотехнология

Цель занятия. Изучить основные понятия – «Бионанотехнология» и «Нанотехнология». Рассмотреть биообъекты – наночастицы, познакомить с наномасштабными элементами и их размером.

Нанотехнология (англ. Nanotechnology) – это междисциплинарная область науки и техники, занимающаяся исследованием, анализом и синтезом, производством и применением продуктов с заданной (искусственно созданной) атомарной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами, молекулами и другими наномасштабными элементами или наночастицами размером 0,1-100 нм.

Размеры большинства атомов лежат в интервале от 0,1 до 0,2 нм.

Наночастица (англ. Nanoparticle) – это изолированный твердофазный объект, имеющий отчетливо выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трех измерениях составляют от 1 нм до 100 нм.

Многие биообъекты можно классифицировать как наночастицы.

Бактерии, размер которых находится в интервале между 1 и 10 мкм, относятся к объектам мезоскопических масштабов.

Вирусы с размерами от 10 до 200 нм находятся в верхней части диапазона наночастиц.

Белка, характерные размеры которые лежат в диапазоне между 4 и 50 нм, находятся внизу нанометрового диапазона. Строительные блоки белков – 20 протеиногенных аминокислот, имеют размеры порядка 1 нм и также попадают в число бионанообъектов.

Нуклеиновые кислоты, и, прежде всего, ДНК как носитель генетической информации, являются полимерами, состоящими из мономеров – нуклеотидов. Молекула ДНК представляет собой двойную наноспираль диаметром 2 нм и шагом 3,4 нм, на который приходится 10 пар нуклеиновых оснований (рис. 1).

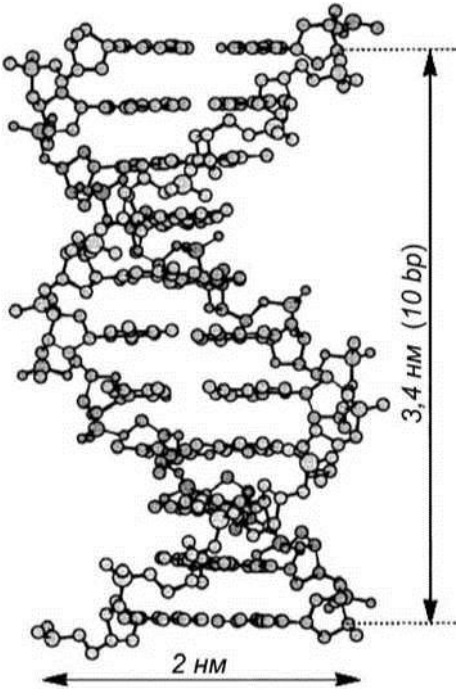


Рис. 1 Схема двойной спирали ДНК

Впервые термин «нанотехнология» употребил японский физик Норио Танигути в 1974 г. Он назвал этим термином производство изделий размером несколько нанометров. В 1986 г. этот термин использовал американский инженер Эрик К. Дрекслер (Eric Kim Drexler) в своей книге: «Машины создания: грядущая эра нанотехнологии».

XXI век характеризуется как время нанореволюции. Именно сейчас исследователи и технологи получили и необходимые знания, и нужные «инструменты» для модификации вещества «поатомно», атом за атомом, перемещая один единственный атом и конструируя молекулярные структуры по одному атому за операцию.

Поначалу предполагалось, что молекулярная нанотехнология может использовать привычные для человека методики: брать атом за атомом и «прижимать», эти атомы к нужным местам молекулы так, чтобы образовывались нужные химические связи.

Бионанотехнология (bionanotechnology) – это раздел нанотехнологии, в котором необходимые атомные перестройки осуществляются с использованием принципов, методов и способов, подсказанных биологией.

Бионанотехнология родственна биотехнологии, поскольку она дает возможность модифицировать на атомном уровне синтезируемые биотехнологические объекты.

В широком смысле термин биотехнология применим к любому производству коммерческих продуктов, образуемых микроорганизмами в результате их жизнедеятельности. Более формально биотехнология определяется как применение научных и инженерных принципов к переработке материалов живыми организмами с целью создания товаров и услуг.

Нанобиотехнология (nanobiotechnology), как и любая другая нанотехнология, оперирует теми биообъектами, которые относятся к наночастицам или наноструктурам, с целью такого видоизменения организма, которое приводит к созданию нового продукта или получения уже известного продукта в промышленных масштабах. Молекулярная биотехнология, оперирующая единицами наследственности организмов – олигонуклеотидными фрагментами ДНК, в тех случаях, когда она манипулирует одиночными нанообъектами, является типичной нанобиотехнологией.

Кроме молекулярной биотехнологии к нанобиотехнологии относят совокупность передовых усовершенствованных биотехнологических методов и продуктов, которые включают разнообразные подходы и приёмы для создания более чувствительных и точных наносистем, работающих в реальном времени, таких как «лаборатории на чипе», (lab-on-chip) и наносенсоры в промышленной биотехнологии, или, например, использование наноупорядоченных матриц для управляемого производства лекарств, инженерии и регенерации живых тканей в фармацевтической биотехнологии.

Бионанотехнология, спецификой которой является применение биомолекул и достижений биологии в нанотехнологии, отличается от биотехнологии тем, что в бионанотехнологии обязательным элементом является инженерное конструирование и сборка необходимых «конструкций», на наноуровне, а в биотехнологии не является необходимой информация об устройстве и функционировании используемых наномашин, а также отсутствует этап

конструкторского дизайна биотехнологических «наноинструментов»,.

Современная биотехнология возникла из исследования ферментативных процессов, самих природных ферментов, их структуры, функций, из попыток улучшить параметры ферментов, изменить их структуру. Всё это привело к появлению инженерной энзимологии, а приёмы модификации структуры ферментов вследствие изменения структуры генов были в дальнейшем использованы для модификации уже и целого организма в целом. При этом знание детальных, атомных подробностей строения как генов, так и кодируемых ими белков, вообще говоря, не было нужным. Просто комбинировались уже существовавшие функции и особенности для достижения технологической цели.

Термины «нанобиотехнология», и «бионанотехнология», появились совсем недавно – первый в базе данных MedLine в 2000 г., а второй – в 2004 г.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «нанотехнологии».
2. Каковы особенности нанобиотехнологий в сравнении с нанотехнологиями?
3. Дайте определение понятию «наночастицы».
4. Чем характеризуются наноструктуры?
5. Назовите биообъекты, которые классифицируют как наночастицы?
6. Кто и в каком году употребил термин «нанотехнология»?

Занятие 2. Нанобиотехнология – новый этап развития биологии

Цель занятия. Изучить уровни организации живых существ с их структурно-функциональной системой. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

1. Многоуровневость организации живых систем

В ходе эволюции живой природы сформировалась соподчиненность (иерархия) живых систем. Она проявляется в многоуровневости организации живых существ. Жизненные процессы

более высокого уровня обеспечиваются структурами низшего уровня. Каждый уровень организации живого характеризуется своей структурно-функциональной единицей – структурой (системой), исторические изменения которой определяют сущность эволюционного процесса на данном уровне. На всех уровнях проявляются основные свойства жизни. Каковы же эти уровни? В чем заключаются их отличительные особенности?

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

Субклеточный уровень рассматривается переходным между молекулярным и клеточным уровнями. Единицей уровня является надмолекулярная структура живой системы (элементарная биологическая мембрана, субчастица органоида, органоид). Процессы жизнедеятельности, протекающие на этом уровне, обеспечивают рост и специализацию клетки, самовосстановление и саморазрушение ее органоидов и др.

Клеточный уровень представлен клетками как самостоятельных организмов (бактерии, простейшие), так и клетками многоклеточных организмов.

Обладая способностью к биосинтезу, питанию, дыханию, развитию, размножению и т.п., клетка является основной структурой в организации живой природы.

Тканевой уровень возник в ходе эволюции в связи с появлением многоклеточности и специализации (дифференциации) клеток. Его структурно-функциональная единица – ткань. Последняя объединяет клетки и их производные, характеризующиеся однородностью происхождения, сходством функции, расположения, а в ряде случаев и строения. На тканевом уровне происходит специализация новообразующихся клеток, формирование внеклеточных структур, развитие, функционирование и регенерация тканей.

Органный уровень характеризует сложные многотканевые живые системы. Структурно-функциональная единица уровня –

орган. Орган представляет собой часть организма, имеющую определенную форму и выполняющую специфические функции. Взаимосвязанные в первую очередь общей функцией или биологической ролью в организме, органы формируют системы органов.

Структурно-функциональной единицей **системного** уровня организации живого является система органов. Последняя объединяет органы со сходной биологической ролью или функцией. Так, обеспечивающая кровоток в организме кровеносная система состоит из таких органов как сердце и кровеносные сосуды.

Организменный уровень представлен живыми организмами. Живому организму как структурно-функциональной единице уровня присущи все проявления и свойства жизни. На этом уровне происходит развитие и рост организма как единого целого, его приспособление к факторам внешней среды.

Популяционный уровень представлен минимальными группами особей, вовлеченными в эволюционный процесс – популяциями. Структурно-функциональная единица этого уровня – популяция – является одновременно элементарной единицей эволюции. Объединение отдельных особей в популяции обеспечивает их приспособление, выживание, успех в размножении и в эволюции в целом.

Видовой уровень представлен надпопуляционными объединениями особей - биологическими видами. Наряду с популяцией, вид – реально существующая в природе группа особей. Вид завершает процесс микроэволюции в природе.

Структурно-функциональной единицей **биоценотического** уровня являются сообщества взаимозависимых организмов разных видов – биоценозы. В ходе эволюции сформировались биогеоценозы (экосистемы), включающие, кроме взаимозависимых организмов (биоценозов), также абиотические факторы окружающей среды.

Биосферный уровень (структурно-функциональная единица – биосфера) рассматривается как наивысший уровень организации живой материи. На этом уровне все биогеоценотические круговороты вещества и энергии объединяются в единый биосферный (глобальный) круговорот вещества и энергии.

2. Определение понятий «наноструктуры», «наноявления», «нанопроцессы» и «нанотехнологии».

Наноструктуры – это объекты, размеры которых лежат в диапазоне от 1 до 100 нанометров (нанометр – одна миллиардная часть метра, 10^{-9} метра).

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

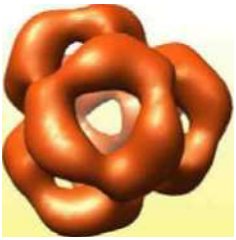


Рис. 2. Молекулы белка – самые распространенные наноструктуры живых систем

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

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

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

• «снизу вверх»**,** т.е. сборка создаваемого более крупного нанообъекта из элементов «низшего порядка» (атомов, молекул, структурны хфрагментов биологических клеток и т.п.).

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

Явления живой природы, протекающие с участием наноструктур названы наноявлениями**.** Удивительно, но самоочищение листьев лотоса, который на Востоке считается символом чистоты, можно отнести к наноявлениям. Листья лотоса покрыты микробугорками высотой 5-10 мкм, от которых отрастают нановолоски. Благодаря последним, капли дождя не растекаются, а скатываются по поверхности листа, увлекая за собой частицы грязи и очищая листья лотоса.

Под нанотехнологиями понимают фундаментальные технологии, основанные на манипуляциях с наноструктурами (наночастицами).

Задание № 1. Заполните таблицу: «Уровни организации живых систем»

Таблица 1

Уровни организации живых систем

Уровень организации	Структурно-функциональная единица уровня	Основные атрибуты (проявления) жизни на этом уровне

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуются наноструктуры?
2. Что представляют собой нанопроцессы и наноявления?
3. Укажите, с какого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма.
4. Каким образом субклеточный и клеточный уровни выступают моделями для разработки и использования наномеханизмов?
5. Охарактеризуйте тканевой, органный и организменный уровни организации живых систем.
6. Укажите, на каком уровне осуществляется процесс видообразования.
7. Опишите популяционный, видовой и биоценотический уровни организации живых систем.

Занятие 3-4. Наномир в микроскопе

Цель занятия. Рассмотреть и оценить разнообразие методов световой, электронной, атомно-силовой микроскопии.

Световая микроскопия. Размер большинства животных клеток составляет 10-20 мкм. Это в 5 раз меньше любой частицы, которую может увидеть человек (невооруженный глаз человека имеет разрешающую способность около 100 мкм). Можно ли увидеть животную клетку в обычный световой микроскоп?

Размер самой маленькой структуры можно увидеть в световом микроскопе, определяется наименьшим разрешаемым расстоянием. Обычно в световых микроскопах используются источники освещения в видимой области спектра (400-700 нм). Поэтому максимальное разрешение микроскопа не превышает 200-350 нм (0,2-0,35 мкм). Следовательно, животные клетки, размеры которых превышают несколько микрометров, можно наблюдать в обычном световом микроскопе.

Однако клетки живых организмов бесцветны и прозрачны. Поэтому в естественном состоянии клетки в световом микроскопе невидимы.

Сделать клетки видимыми позволяют, во-первых, специальные методы их окрашивания. Например, основные красители (гематоксилин, азур) специфически окрашивают кислые компоненты клетки (нуклеиновые кислоты ядра). Кислые красители (эозин) связываются со структурами, имеющими щелочную реакцию (белки цитоплазмы). Во-вторых, наблюдению клеток способствует разнообразие методов световой микроскопии. Один из них – метод фазово-контрастной микроскопии, позволяющий наблюдать живые неокрашенные клетки. Контрастность неокрашенных структур повышается за счет дополнительных оптических систем, встроенных в микроскоп. Повышенная контрастность позволяет рассмотреть те структуры клетки, которые по-разному преломляют проходящий через них свет.

Вторым методом наблюдения живых клеток является флуоресцентная микроскопия**.** Метод основан на способности ряда веществ светиться (флуоресцировать) при действии на них коротковолновых лучей. Ряд пигментов, витаминов, гормонов и других веществ характеризуются спонтанной (собственной) флуоресценцией, наблюдающейся при попадании на клетку коротко-

волновых лучей. Собственной флуоресценцией обладают все клетки живого организма, однако в большинстве случаев она оказывается чрезвычайно слабой. Поэтому для выявления большинства внутриклеточных структур используют явление вторичной или наведенной флуоресценции. Она требует предварительной обработки клеток специальными флуорохромами (флуоресцеином, родамином и др.).

Флуорохромы могут быть соединены с молекулами антител, что делает их высокоспецифичными реагентами, избирательно связывающимися только со строго определенными макромолекулами. Такой вид флуоресценции называют **иммунофлуоресценцией.** При этом сначала на белок (например, тубулин) получают специфические сыворотки, содержащие антитела. Очищенные антитела химически соединяют с флуорохромами. Такие препараты наносят на объекты. Затем с помощью флуоресцентного микроскопа по свечению флуорохрома исследуют локализацию белков в клетке.

Можно ли, используя световой микроскоп, получить трехмерное изображение объекта? Обычная световая микроскопия характеризуется небольшой глубиной резкости. Этот недостаток не позволяет получить трехмерное изображение изучаемого объекта. Проблема трехмерного изображения была решена с созданием конфокального сканирующего светового микроскопа. В качестве осветителя в нем применяется лазерный луч, который последовательно сканирует всю толщину препарата. Информация о плотности объекта по каждой линии сканирования передается в компьютер, где по специальной программе реконструируется трехмерное объемное изображение объекта. Обычно для такого наблюдения используются объекты, окрашенные флуорохромами. Конфокальный микроскоп позволяет получить информацию о форме клеток, цитоскелете, структуре ядра и хромосом, характере распределения внутриклеточных органелл.

Большинство флуорохромов, используемых в биологии, относятся к органическим соединениям. Их недостатками являются: 1) низкая фотостабильность; 2) необходимость использования разных красителей для одновременного выявления нескольких объектов; 3) необходимость подбора соответствующего источника света для индукции флуоресценции этих красителей. Каким

образом можно устранить все недостатки органических флуорохромов?

Проблему решили, применив квантовые точки или неорганические флуорохромы. Квантовые точки представляют собой флуоресцентные полупроводниковые нанокристаллы. В биологических исследованиях наиболее распространенными являются коллоидные полупроводниковые нанокристаллы CdSe, покрытые оболочкой ZnS. Последняя позволяет повысить устойчивость квантовых точек к окислению и в несколько раз увеличить интенсивность флуоресценции.

Изменяя размер нанокристаллов, можно получить флуорохром с максимумом флуоресценции, расположенным в любой части оптического спектра. Однако использование синтезированных нанокристаллов ZnS в биологических системах часто ограничено их низкой гидрофильностью. Одним из методов солюбилизации (перевода в водную среду) квантовых точек является формирование на их поверхности полимерного слоя.

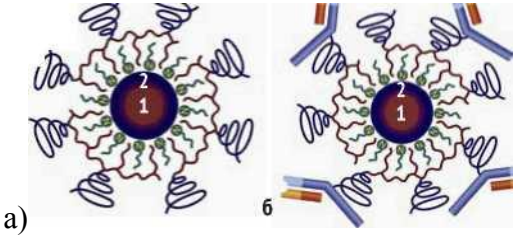


Рис. 3. Схема строения квантовой точки, покрытой полимером (а) и объединенной с антителами (б)

Впоследствии к такому полимеру возможно присоединение антител для специфического и высокоизбирательного связывания нанокристалла с биологической мишенью (рис. 3).

Квантовые точки разных размеров поглощают свет в широком диапазоне оптического спектра от ультрафиолетовой до ближней инфракрасной области. Это позволяет возбуждать нанокристаллы разных цветов одним источником излучения. По сравнению с органическими флуорохромами нанокристаллы обладают более высокой фотостабильностью и узким спектром флуоресценции. Высокая фотостабильность нанокристаллов (на несколько порядков

выше, чем у органических флуорохромов) позволяет использовать их в конфокальной микроскопии. При этом можно отслеживать внутриклеточные процессы в реальном времени в течение длительного периода (часы и даже дни).

Электронная микроскопия. В электронном микроскопе используется поток электронов, отличающийся очень короткой длиной волны. При напряжении в 50 кВ длина волны электромагнитных колебаний составляет 0,0056 нм. В этих условиях теоретически рассчитанное максимальное разрешаемое расстояние может быть около 0,002 нм. Это в 100000 раз меньше, чем в световом микроскопе. Реальное разрешение современных электронных микроскопов на практике составляет 0,1 - 0,7 нм, для биологических объектов – около 2 нм.

Рис. 4. Трансмиссионный (просвечивающий) электронный микроскоп для биологических исследований

В настоящее время в биологии широко используются трансмиссионные (просвечивающие) и сканирующие (растровые) электронные микроскопы. С помощью трансмиссионных электронных микроскопов (рис. 4) получают двумерное изображение изучаемого объекта. В этом случае применяют ультратонкие срезы биологических объектов (толщиной не более 0,1 мкм), а контраст увеличивают, используя тяжелые металлы или их соли.

Можно ли получить пространственное изображение объекта, используя электронный микроскоп? Для такого наблюдения создан сканирующий электронный микроскоп. В формировании изображения объекта в нем участвуют электроны, отраженные объектом. Поверхность объекта для этого необходимо сделать электропроводной. В большинстве случаев это достигается путем

напыления тонкого слоя металла на образец. Главным преимуществом сканирующего электронного микроскопа является большая глубина резкости. Однако его разрешающая способность (для биологических объектов приближается к 3-5 нм) несколько ниже, чем у просвечивающего электронного микроскопа.

Недостатком сканирующей электронной микроскопии является необходимость напыления металла, что часто приводит к искажению некоторых структур клеточной оболочки. Кроме того, клетки подготовленного для рассмотрения образца теряют жизнеспособность.

Как обеспечить наблюдение биологических структур в условиях, более близких к естественным? Проблема была решена благодаря созданию сканирующего зондового микроскопа (рис. 5). Своей разрешающей способностью он не уступает электронному микроскопу.

Атомно-силовая микроскопия. В современных биологических исследованиях все более широкое распространение получает такой тип сканирующей зондовой микроскопии как атомно-силовая микроскопия. Каковы особенности атомно-силовой микроскопии?

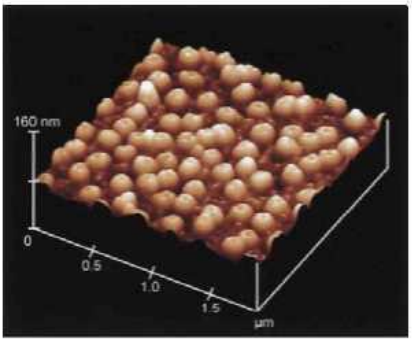
Рис.5. Сканирующие зондовые микроскопы в учебно-научной лаборатории

В основе работы атомно-силового микроскопа лежит использование различных видов силового взаимодействия зонда с поверхностью изучаемого образца. Среди них силы Ван-дер-Ваальса, электростатические, капиллярные, химические взаимодействия и др. Этот метод не требует сложной подготовки образца, в частности, контрастирования атомами металлов как в электронной микроскопии. При этом он позволяет изучать образцы не только в воздушной, но и в жидкой средах.

Преимуществом атомно-силовой микроскопии является ее разрешающая способность: она позволяет получать трехмерное изображение на уровне отдельных атомов и молекул (рис. 6).

Атомно-силовая микроскопия используется при исследовании клеточных мембран, характеристике взаимодействия клеток и вирусов, идентификации бактерий. Метод эффективен при изучении нуклеиновых кислот и структуры ДНК.

Применение атомно-силового микроскопа оказалось успешным при исследовании поверхности клеток опухолей. Опухолевые клетки отличаются от нормальных по структуре, биохимическим и физико-химическим признакам. Поэтому изменение механических свойств клеток органа используется в качестве маркера при выявлении злокачественных изменений.



19

Рис. 6. Белки ядерного порового комплекса. Атомно-силовая микроскопия

Контрольные вопросы

1. Каковы основные методы исследования клетки (ее внутреннего строения и поверхности)?

2. Какова разрешающая способность светового и электронного микроскопов?

3. Охарактеризуйте современные виды световой микроскопии.

4. Какой метод может быть применен для исследования живой клетки?

5. В чем заключается преимущество квантовых точек над органическими флуорохромами?

6. Какие виды электронной микроскопии используются при изучении биологических объектов?

7. Каковы возможности и перспективы применения сканирующей зондовой микроскопии в изучении клетки?

Занятие 5. Белковые «наномоторы» в живых клетках

Цель занятия. Рассмотреть и изучить биологические моторы, или наномоторы, обеспечивающие все двигательные функции живых организмов, такие как миграция клеток, клеточное деление, внутриклеточный транспорт, мышечное сокращение и т.д.

В клетках живущих сейчас организмов работают наномоторы, сконструированные природой более 3 млрд. лет тому назад. Белковые «моторы» участвуют в протекающих в клетках естественных нанопроцессах. Так, синтез универсального источника энергии в клетке – АТФ протекает с участием белковой наноструктуры – фермента АТФ-синтазы. Этот фермент представляет собой механическое устройство, образованное двумя совместно работающими роторными наномоторами. Механическая энергия, сообщаемая моторами, используется при синтезе молекул АТФ.

Кроме роторных моторов в клетках живых организмов встречается более сотни наномоторов, обеспечивающих прямолинейное движение. Эти моторы расположены в различных частях клетки, существенно различаясь по своим функциям. Некоторые из наномоторов осуществляют сложные действия, состоящие из нескольких сотен шагов, а некоторые предназначены для выполнения только одиночных действий. Белковые моторы существенно различаются не только по своим действиям, но и по массе. В настоящее время активно изучаются белковые моторы линейного движения, отно-

сящиеся к трем большим семействам белков: миозин, динеин, кинезин. Белок миозин известен биологам с 1864 г. Однако только во второй половине XX века было установлено использование им механической энергии. Молекула миозина представляет собой по сути простейшую механическую руку, осуществляющую один цикл по перемещению и выходящую из процесса движения.

При этом она может несколько раз принимать участие в процессе движения. Несмотря на полуторавековую историю изучения миозина, ученые так и не выяснили, что принуждает белок принимать участие в движении.

Белок кинезин можно рассматривать как наноробот, располагающий двумя конечностями, при помощи которых он идет по направляющей. Направляющая является белковой последовательностью. Эта последовательность поляризована на концах. Кинезин движется по ней от отрицательного полюса к положительному. Кинезиновые нанороботы встречаются в клетках различных типов в большом количестве.

В бактериальных организмах, например, в кишечной палочке (рис. 1) встречается пример механических белковых наноустройств. Это группа механических роботов, которые перемещением своих конечностей обеспечивают процесс плавания клетки.

Размер этих роботов составляет примерно 45 нм в диаметре. Их деятельность обеспечивает жизненно важную функцию, поскольку перемещение из менее благоприятной среды в более благоприятную является основой выживания таких организмов как кишечная палочка. Ученые выяснили, что основным приводящим устройством у механических роботов является роторный наномотор. При этом в состав роботов входят другие крайне загадочные механизмы, например, счетчики частиц, измерительные приборы. Много предстоит сделать в изучении структуры этих роботов и, прежде всего, чтобы выяснить, как взаимодействуют около 20 типов белков, формирующих такой наноробот (рис. 7).

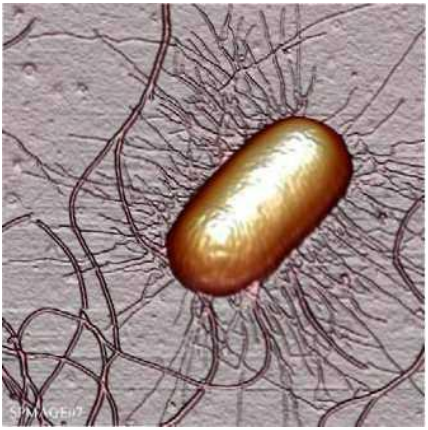


Рис. 7. Бактерия кишечная палочка. Приводящими устройствами органов движения – жгутиков являются роторные наномоторы

Контрольные вопросы

1. Укажите особенности расположения транспортных белков в клеточной мембране.
2. Опишите особенности функционирования белков-переносчиков.
3. Каким образом применяют нанобиосенсоры для диагностики заболеваний?
4. На чем основан направленный транспорт лекарственных веществ?
5. Чем характеризуются белки – миозин, динеин, кинезин ?

Занятие 6. Самоорганизация и модификация белков

Цель занятия. Изучить механизмы, которые лежат в основе самоорганизации и модификации белковых молекул.

Уникальность белков как сложных химических веществ заключается в их способности к самоорганизации. Последняя заключается в самосборке и самоукладке молекулы белка в естественную (нативную) трехмерную структуру (рис. 8).

Самоорганизация белковой молекулы протекает не только в живой клетке, но и, как установили ученые в 60-х г. XX века, за ее пределами, в искусственных условиях.

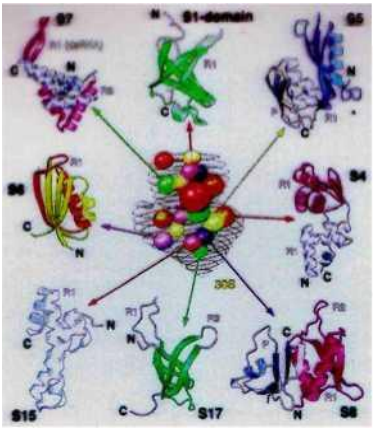


Рис.8. Разнообразие естественной (нативной) структуры белков рибосомы

При этом самоорганизация белка может осуществляться спонтанно, нередко даже без участия источников энергии и ферментов.

Какие механизмы лежат в основе самоорганизации белковой молекулы? Способность белковой молекулы к самоорганизации обусловлена последовательностью в ней аминокислотных остатков, а также свойством функциональных групп этих остатков к взаимодействию**.** Каждый аминокислотный остаток имеет около 10 вариантов трехмерных построений (конформаций). Полипептидная цепь из 100 остатков аминокислот может обрести 10^{100} возможных конформаций.

Трудно представить, что молекула белка вынуждена «отыскивать» свою пространственную структуру среди многих триллионов возможных структур. Однако это происходит и достаточно быстро: весь процесс самоорганизации занимает, как и процесс биосинтеза в рибосоме, около 1 минуты.

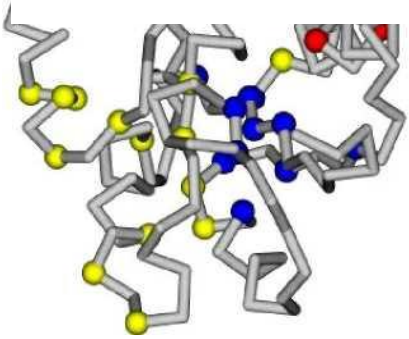


Рис. 9. Промежуточный этап самоорганизации белковой молекулы

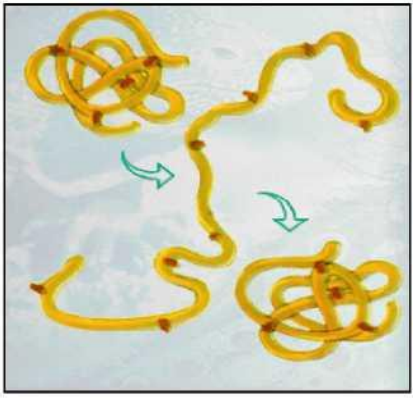


Рис. 10. Денатурация и ренатурация молекулы белка

Для глобулярных белков учеными описаны несколько этапов самоорганизации, включающих: образование участков правозакрученных спиралей (альфа-спиралей), формирование выпячиваний полипептида в виде шпилек (бета-шпилек), слипание спиралей и шпилек в первичную глобулу (неправильную сферу), «доводка» структуры глобулы до естественной для данного белка.

А что произойдет с молекулой белка, если разрушится возникшая в ходе ее самоорганизации естественная структура, например, после нагревания до 80°C? Неужели она необратимо утратит свои свойства и способность выполнять функции в клетке? В лабораторных экспериментах учеными показано, что такой денатурированный белок (белок, утративший свою естественную конформацию) может обрести ее заново (рис. 10). Это происходит в ходе процесса ренатурации (обратного процессу денатурации). При ренатурации белка имеет место его самоорганизация, включающая указанные выше этапы. Как видим, самоорганизация белка может «подарить» белковой молекуле вторую жизнь после, казалось бы, окончательной гибели. Древнейший и мудрейший наноконструктор планеты – Природа – опять оказался на высоте.

В 1973 г. российский офтальмолог Е. Г. Рапис, изучая травмы глаза, обнаружила, что при высыхании сыворотки крови на стекле возникают удивительные спиральные симметричные фигуры. Такие фигуры регулярно повторялись в последующих опытах, когда высыхали водные растворы других белков. Это явление получило впоследствии название неравновесной самоорганизации белков в искусственных условиях (in vitro). В ходе него образуются белковые комплексы (агрегаты) надмолекулярного уровня. В частности, при кондесации растворов белка могут образовываться многослойные белковые пленки. Их формируют разнообразные белковые структуры от наноуровня до микромакроуровней. Такая сложная надмолекулярная архитектура белка возникает в ходе естественного нанотехнологического процесса. Она привлекла внимание не только биологов, но и ученых-специалистов в области создания наноматериалов и наноустройств. Появились перспективные проекты использования белковых агрегатов и многослойных белковых пленок в нанобиотехнологиях.

Ограничились ли структурные превращения белковой молекулы ее самоорганизаций? Стремящаяся к максимальному разнообразию структур живого Природа не могла допустить подобное. Вторым естественным направлением превращений белковой молекулы стала модификация белков. Она заключается в дальнейших химических превращениях уже синтезированной или еще синтезируемой в рибосоме полипептидной цепи. Полипептид подвергается превращениям, в основе которых лежат: 1) разрезание молекулы полипептида на фрагменты; 2) сшивание отдельных фрагментов полипептида в новую молекулу; 3) соединение простых белков с разнообразными веществами с образованием сложных белков – гликопротеинов, липопротеинов, металлопротеинов и др.; 4) химические превращения отдельных аминокислот в составе полипептида (окисление, образование дисульфидных и водородных связей). Модификации подвергаются большинство секретируемых клеткой (выделяемых за ее пределы) белков. В превращениях белковой молекулы самоорганизация обычно предшествует ее модификации.

Модифицированные белки стали объектом особого внимания наноконструкторов и нанотехнологов. Ученых из университета французского города Бордо заинтересовали, в частности,

гликопротеины. Чем примечательны сложные модифицированные белки гликопротеины? Молекула гликопротеина содержит ярко выраженные гидрофобный (белковый) и гидрофильный (углеводный) участки. Такие молекулы, попадая в воду, способны самопроизвольно организовываться в шарообразные наноструктуры (рис. 11). Используя эти свойства гликопротеинов, исследователи осуществили синтез искусственных мембранных нанопузырьков.

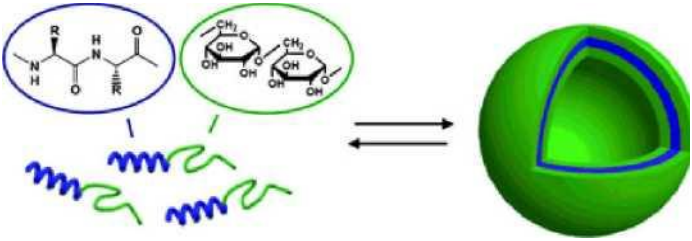


Рис. 11. Молекулы модифицированного белка гликопротеина (изображены на рисунке слева) обладают гидрофобным и гидрофильным участками. В водном растворе такие молекулы произвольно собираются в мембранные нанопузырьки (справа на рисунке)

Подобные мембранные нанопузырьки представляют интерес как возможные контейнеры для направленного транспорта веществ в живом организме.

Задание 1. Впишите указанные названия преобразований белковой молекулы в соответствующие колонки таблицы.

Сравните оба типа преобразований белковой молекулы. Проанализируйте различия между ними. Дайте свою оценку роли каждого типа преобразований белковой молекулы в жизнедеятельности клетки.

Таблица 2

Преобразования белковых молекул

Самоорганизация белков вклю-	Модификация белков включает:

Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняют белки в клетке?

2. В чем заключается сущность самоорганизации белков?

3. Чем обусловливается чрезвычайно большое количество возможных пространственных конфигураций, которые может приобретать молекула одного и того же полипептида?

4. Какие этапы самоорганизации глобулярных белков вам известны?

5. Приведите примеры модификации белков.

6. Что такое денатурация, ренатурация?

Занятие 7. Биочипы, их применение в исследованиях структуры ДНК

Цель занятия. Изучить технологию создания биочипов и их применение. Рассмотреть секвенирование ДНК с применением наноустройств.

Количество генов у эукариотических организмов чрезвычайно большое: от 6200 у дрожжей до более 100000 у человека. При этом не все гены организма проявляют активность одновременно. Одни гены функционируют, другие блокируются, полностью выключаясь из работы. Очень часто возникает необходимость знать, в каком состоянии находится в данный момент ген, несколько или даже множество генов. Активны ли они? Или блокированы и неактивны?

Проблему контроля за активностью генов решили в Институте молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН. Коллектив ученых под руководством академика А. Д. Мирзабекова разработал технологию создания биочипов. Биочип – это матрица размером несколько сантиметров, с помощью которой можно получить данные о функциональной активности многих генов организма.

При создании биочипа на специальную (стеклянную) подложку наносят образцы молекулы ДНК. Они представляют собой либо отдельные гены, либо молекулы ДНК, полученные в результате полимеразной цепной реакции. Для проведения анализа образец ткани (например, кровь) подвергается предварительной обработке. Последняя включает мечение флуоресцентным веществом молекул ДНК, присутствующих в образце.

Образец ткани наносится на биочип, помещенный в специальную микрокамеру (рис.12).

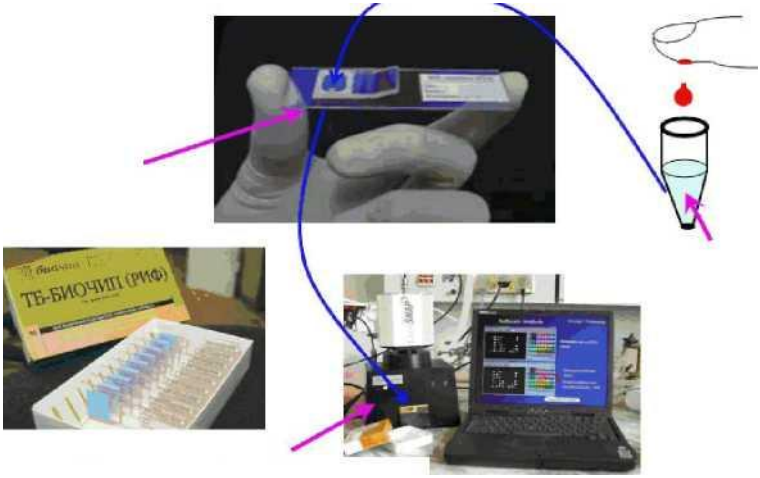


Рис. 12. Схема анализа с применением биочипа

После этого проводят гибридизацию между содержащимися на чипах генами, с одной стороны, и содержащимися в пробе флуоресцирующими ДНК или РНК, с другой. Молекулы образца взаимодействуют по принципу комплементарности с соответствующими генами на чипе. При облучении биочипа светом определенной длины волны появляется флюоресцентное свечение. По картине свечения прибор-анализатор количественно определяет наличие характерных последовательностей в ДНК (РНК).

Использование биочипов перспективно для выявления генов, реагирующих на негативное воздействие окружающей среды и контролирующих защитные функции в организме. Применение биочипов позволяет быстро обнаруживать и определять бактерии и вирусы. С помощью биочипа можно изучать индивидуальные генетические особенности человека, определять предрасположенность его к наследственным и онкологическим заболеваниям.

Секвенирование ДНК с применением наноустройств

Многие биотехнологии основываются на определении последовательности нуклеотидов в ДНК (секвенировании ДНК**).** Для ее осуществления необходимы точные и (с учетом большой длины ДНК) быстрые ДНК-секвенаторы. Однако секвенация ДНК одного человека с помощью существующей техники является очень дорогостоящей и занимает несколько месяцев.

Как обеспечить менее затратную и быструю секвенацию ДНК? Этой проблемой занимаются наноконструкторы. Они приступили к созданию сверхточного и быстрого ДНК-секвенатора на основе нанопор. Новое наноустройство будет способно контролировать положение молекулы ДНК в нанопоре с точностью до одного нуклеотида. Новый ДНК-секвенатор позволит расшифровывать геном человека всего за несколько часов.

Сущность нового метода основывается на изменении электрического потенциала при прохождении ДНК через нанопору. В настоящее время учеными разработана математическая модель наносеквенатора, определяющего отдельные нуклеотиды ДНК. Он сможет устанавливать наличие той или иной мутации в геноме.

Одновременно начаты работы по созданию ДНК-транзистора, применение которого позволит более эффективно секвенировать геном. ДНК-транзистор – это достаточно длинная нанопора с рядом полупроводниковых и диэлектрических добавок. Электрические заряды внутри нанопоры сравнимы с зарядами одиночных электронов. Нанопору диаметром в несколько нанометров пронизывает длинная молекула ДНК.

Подача переменного напряжения на электроды приведет к движению молекулы ДНК внутри поры с задаваемой точностью до одного нуклеотида. Осуществить нечто подобное ранее не удавалось. Такая наноконструкция позволит определять каждый нуклеотид в составе ДНК. Нанопоры для ДНК-транзисторов можно будет изготавливать в больших количествах с помощью современных методов микроэлектронного производства.

Нанотехнологии с применением ДНК-секвенатора и ДНК-транзистора позволят изучать геномы пациентов с целью диагностики и лечения генетических болезней. Создание массового производства данного устройства быстрого секвенирования сделает анализ ДНК вполне обычной клинической процедурой. К тому же ее можно будет проводить в любом лечебном учреж-

дении. Это, бесспорно, станет знаменательной вехой в развитии медицины (рис. 13).

Каждый человек сможет обзавестись «личной картой генома». Больному можно будет создавать лекарство, учитывающее генетические особенности его личности.

Рис.13. Используемый в настоящее время ДНК-секвенатор

Биочип – матрица размером несколько сантиметров, с помощью которой можно получить данные о функциональной активности генов организма.

Секвенирование – установление последовательности звеньев (нуклеотидов, аминокислот) в молекулах нуклеиновых кислот или белков.

Комплементарность – свойство азотистых оснований образовывать с помощью водородных связей парные комплексы (аденин-тимин или аденин-урацил, гуанин-цитозин) при взаимодействии цепей нуклеиновых кислот.

Контрольные вопросы

1. Определите понятие «биочип».
2. На чем основан принцип работы биочипа?
3. Что представляет собой секвенирование ДНК?
4. Каковы особенности ДНК-секвенатора на основе нанопор?
5. Какие наноконструкции можно использовать для диа-

гностики генных мутаций?

6. Охарактеризуйте возможные перспективы применения ДНК-секвенатора на основе нанопор?

7. Что понимаете под понятием комплементарность?

8. Что такое секвенирование?

Занятие 8. Искусственные наноматериалы на основе ДНК

Цель занятия. Рассмотреть способы создания искусственных биологических тканей максимально близких к природным.

Возрастающие масштабы пересадки (трансплантации) приводят к острому дефициту донорских органов и биологических тканей. Как никогда ранее стала актуальной проблема создания совершенных искусственных биологических тканей, свойства которых были бы максимально близки к природным.

Труднейшей задачей в решении упомянутой проблемы оказалась следующая**:** каким образом обеспечить в пересаживаемых в живой организм органах (имплантантах) сочетание высокой прочности с эластичностью? Эластичность призвана предотвращать воспалительные процессы при высоких механических нагрузках на имплантант. Воспроизвести характерное для тканей живого организма сочетание прочности с эластичностью в искусственных материалах оказалось практически невозможным.

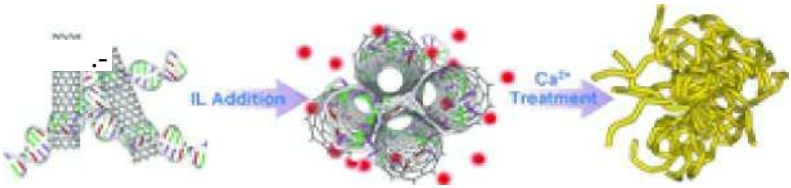


Рис. 14. Схема получения искусственных нановолокон (на рисунке справа) из углеродных нанотрубок и молекул ДНК (на рисунке слева)

Группе исследователей из Австралии и Кореи под руководством Д. Спинкса удалось найти один из вариантов решения задачи. Они разработали для целей трансплантации новый материал, механические свойства которого подобны свойствам биологических тканей.

Созданный материал представляет собой прочную композитную систему из спиралей ДНК и углеродных нанотрубок (рис. 14). Спиралями ДНК полностью «обертывают» углеродные нанотрубки и помещают их в специальную жидкость, содержащую ионы кальция. В такой жидкости из обернутых спиралями ДНК углеродных нанотрубок формируется гелеобразная масса.

Полученный гель можно спрясть в волокна так же, как прядут синтетические волокна. После высушивания волокна из нанотрубок и ДНК обретают форму сети из скрученных нановолокон толщиной 50 нанометров. Каждое волокно имеет при этом пористую губкообразную структуру.

Однако потребовались более плотные и прочные нановолокна. Как изменять эти характеристики волокон? И эта задача была успешно решена. Исследователи нашли способ дальнейшего регулирования плотности и прочности нановолокон. Высушенные волокна замачивают в растворе хлорида кальция, где происходит дальнейшее «сшивание» молекул ДНК. В результате нановолокна уплотняются и упрочняются.

Получаемые искусственные нановолокна близки по своим свойствам к белковым волокнам, обеспечивающим прочность и эластичность таких органов как сухожилия, мышцы, артерии, кожа. Поэтому искусственные нановолокна из ДНК и углеродных нанотрубок несомненно найдут широкое применение при изготовлении самых разнообразных искусственных имплантант.

Дополнительным достоинством нового материала является его электропроводность, благодаря которой такой материал также может быть использован и в не биологических системах, например, механических приводах, устройствах хранения энергии и т.д. В частности, исследователи смогли изготовить сенсор на перекиси водорода, в котором углеродные нанотрубки выступают как катализатор в реакции дальнейшего окисления пероксида. Возникающий при этом электрический ток может быть измерен. Перекись водорода играет определенную роль в нормальной работе сердца и некоторых его болезнях. Поэтому надежный датчик с эластичностью, близкой сердечной мышце, мог бы быть полезен при исследовании этих зависимостей.

Наноконструкции на основе ДНК и белков

Можно ли создать из ДНК наноробот? К тому же автономно (самостоятельно) передвигающийся и останавливающийся?

Утвердительный ответ был дан группой ученых из Колумбийского университета (США). Им удалось создать автономный молекулярный робот из ДНК и белка, способный перемещаться, менять направление движения и останавливаться. Эта разработка получила название наноробот «Паук» (рис. 15).

Каким же образом была решена проблема автономного передвижения наноробота? Исследователи использовали свойство полинуклеотидной цепочки ДНК связываться посредством водородных связей с другой комплементарной ей цепочкой. Поэтому ходильные конечности (ноги) наноробота были сконструированы из ДНК. Тело наноробота «Паук» формировалось из белка под названием «стрептавидин». Длина наноробота составила 4 нанометра.

Три из четырех ног «Паука» сделаны из молекул ДНК, способных связываться с определенной последовательностью другой молекулы ДНК и вырезать ее. Четвертая нога представляет собой своеобразный якорь, который привязывается к начальной точке на треке. Робот запускается с места своего старта специальной цепочкой ДНК. Связывая и затем вырезая участки ДНК, находящиеся за пределами основной цепочки, робот передвигается по треку.

Несмотря на то, что первые подобные нанороботы появились еще несколько лет назад, им не удавалось сделать более 3 шагов. Наноробот «Паук» может пройти примерно 100 нанометров (25 размеров самого паука или 50 его шагов). Это расстояние он проходит за 30-60 минут.

За «Пауком» ученые смогли наблюдать благодаря атомно-силовым микроскопам. С помощью таких микроскопов было установлено, что нанороботов можно отправлять по четырем различным направлениям.

В настоящее время исследователи приступили к решению самой серьезной проблемы в рамках их многолетнего проекта: научиться управлять поведением нанороботов и «научить» несколько «Пауков» работать вместе, взаимодействуя друг с другом. В отдаленной перспективе подобные нанороботы смогут, по мнению ученых, очищать мельчайшие капилляры и уничтожать раковые клетки в живом организме.

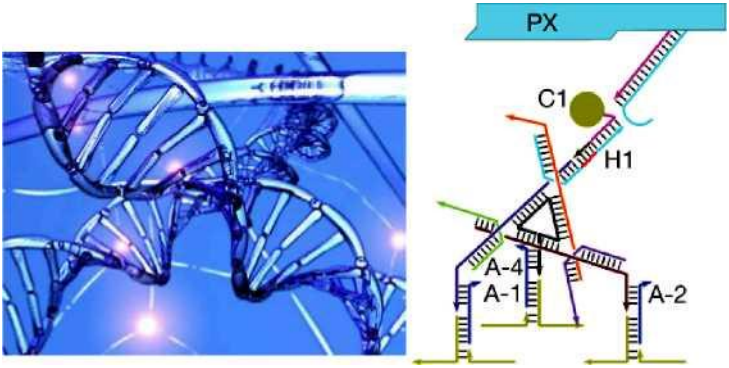


Рис. 15. Конечности (ноги) наноробота «Паук» построены из молекул ДНК

Контрольные вопросы

1. Из молекул каких биополимеров был создан наноробот «Паук»?

2. Объясните особенности передвижения наноробота «Паук».

3. Каким образом была создана молекулярная «динамо-машина» (наноактуатор)? Где она может найти практическое применение?

4. Какие структуры были созданы учеными из углеродных нанотрубок и молекул ДНК? Для каких целей они понадобились?

5. Как получить нановолокона из углеродных трубок и молекул ДНК?

Занятие 9. Модели биологических мембран, их использование в качестве биофильтров

Цель занятия. Изучить систему создания технических моделей (аналогов) биологических мембран. Рассмотреть структуры и принципы функционирования биологических мембран.

Важность функций, надежно выполняемых биологическими мембранами, привлекла внимание исследователей и инженеров, работающих в области технического моделирования. Возможно ли создание технических моделей (аналогов) биологических мембран?

Учеными были проведены глубокие исследования структуры и принципов функционирования биологических мембран. Результаты этих исследований позволили создать технические модели мембран. Созданные модели обладают, подобно биологическим мембранам: 1) высокой проницаемостью; 2) избирательностью пропускаемых частиц; 3) эффективностью разделения веществ; 4) стабильностью функциональных характеристик.

Специально созданные мембраны с порами конструкторы дополнительно оснастили «умными» полимерами – наносенсорами. Такие мембраны обеспечивают разделение и очистку веществ на уровне молекул и наночастиц.

Подобные модели (устройства) с успехом могут быть использованы для создания искусственных органов, выполняющих роль биологических фильтров**,** например, «искусственной печени» или «искусственной почки». Это позволит в перспективе уменьшить зависимость больных от острого дефицита донорских органов.

Искусственные мембраны, создаваемые как аналоги биологических мембран, могут применяться для фильтрации и очистки жидкостей организма от вредных веществ и вирусов. С их помощью можно будет также выделять из живых организмов и очищать биологически активные вещества – гормоны, витамины и др.

Мембранные нанокомпозитные материалы, «пораженные» вирусами.

Трудно поверить в то, что вирусы сейчас рассматриваются не только как угроза здоровью человека, но и как полезные строительные блоки для создания новых наноматериалов.

Рис. 16. Взаимодействие вируса (в правом нижнем углу рисунка) с клеточной мембраной

На поверхности любого вируса имеются белки-рецепторы, позволяющие ему взаимодействовать с клеткой-хозяином (рис. 16).

Основным этапом проникновения вируса в клетку является слияние вируса с плазмалеммой клетки. Оно происходит при участии гидрофобных белков поверхности вируса, активированных кислой средой. Каким образом оригинальный механизм этого природного явления применить в создании новых композитных наноматериалов?

Первое решение проблемы представили ученые Института биофизики и вирусологии г. Лейпцига (Германия). Для этой цели они создали многослойный полиэлектролит, который синтезировался послойным методом. На нем сформировали липидный бислой, подобный бислою плазмалеммы. Он формировался из липидных пузырьков, которые осаждались на многослойном электролите.

Этот композитный материал исследователи поместили в кислую среду, которая «заражалась» (инкубировалась) вирусом. Затем композитный материал промывали водой, чтобы удалить вирусы, не внедрившиеся в липидный бислой. Внедрившиеся в бислой вирусы удерживались там достаточно прочно: они не от-

рывались при промывании и изменении кислой среды на нейтральную.

В итоге ученые получили композитные наноматериалы с контролируемыми биологическими свойствами. Их характеристиками можно варьировать, используя разные вирусы и полиэлектролиты. Важной отличительной характеристикой всех подобных композитных наноматериалов являются сведенные до минимума их нежелательные взаимодействия с живыми системами. Такие «пораженные» вирусами композитные наноматериалы могут быть использованы при изготовлении диагностических сенсоров для вирусоспецифичных антител, а также в других биомедицинских целях.

Нанобиотехнологии на основе тилакоидных мембран хлоропластов

Клетки высших растений содержат мембранные органоиды чечевицеобразной формы – хлоропласты. В одной клетке может содержаться около 10-200 хлоропластов величиной 3-10 мкм.

Своим строением хлоропласты несколько напоминают мембранные органоиды животных клеток – митохондрии.

Оболочка хлоропласта состоит из двух мембран, окружающих бесцветное содержимое органоида – строму. Наружная мембрана гладкая, внутренняя мембрана образует выросты, которые заканчиваются утолщениями в виде плоских цистерн – тилакоидов.

Тилакоиды располагаются в виде своеобразных стопок (наподобие стопки монет), которые названы гранами. В мембранах гран находятся молекулы пигмента хлорофилла, придающего гранам и хлоропластам в целом зеленый цвет.

В строме (жидкой части хлоропласта) располагается кольцевая молекула ДНК, рибосомы, запасные питательные вещества.

Хлоропласт – основной органоид клеток растений, в котором происходит фотосинтез, т. е. образование органических веществ из неорганических соединений (CO_2 и H_2O). При этом используется энергия солнечного света, поглощение которой осуществляется хлорофиллом. Благодаря этому хлоропласты растений обеспечивают пищей все живые организмы планеты.

В ходе исследований хлоропластов было обнаружено, что наружная поверхность мембран тилакоидов заряжена отрицатель-

но. Можно ли эту особенность мембран тилакоидов использовать в нанобиотехнологиях?

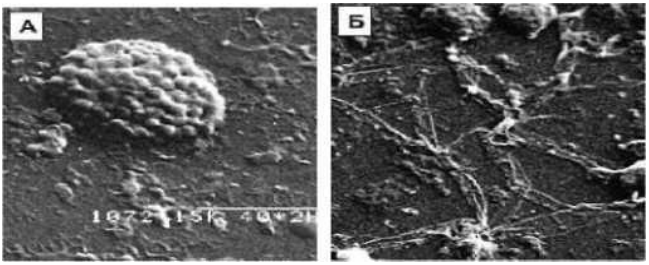


Рис. 17. А – тилакоид на поверхности кремниевой подложки. Б – тилакоиды, покрытые четырьмя слоями поликатиона. Микрофотографии получены с помощью сканирующего электронного микроскопа

Группа исследователей попыталась создать из тилакоидов и синтетического полиэлектролита гибридный нанокомплекс. Для этого в водной среде тилакоиды иммобилизовались (закреплялись) на поверхности кремниевой подложки. На поверхность тилакоидов, в свою очередь, последовательно осаждались молекулы полиэлектролитов. Опыты завершились успешно: были созданы и изучены гибридные надмолекулярные комплексы изтила-коида и синтетического поликатиона. Они представляли собой закрепленные на поверхности кремниевой подложки тилакоиды, которые были покрыты четырехслойной нанопленкой полиэлектролитного комплекса.

Полученные комплексы были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии (рис. 17). Установлено, что полиэлектролитные комплексы не оказывают существенного влияния на структуру и функции встроенных в нихтилакоидных мембран хлоропластов. Это открывает возможности для использования таких композитных структур: 1) в биосенсорах; 2) в биокаталитических системах; 3) в процессах биологического синтеза.

Контрольные вопросы

1. Назовите мембранные органоиды клетки.
2. Какие из органоидов присутствуют только: а) в расти-

тельных клетках; б) в животных клетках?

4. Объясните строение хлоропласта.

5. Какие гибридные нанокомплексы создали ученые на основе тилакоидов хлоропластов?

6. Охарактеризуйте возможное практическое применение гибридных нанокомплексов на основе тилакоидов хлоропластов.

7. Каким образом вирусы были использованы как строительные блоки в новых композитных наноматериалах?

8. Что собой представляет естественный механизм внедрения вируса в клеточную мембрану?

9. Для каких целей могут быть использованы композитные наноматериалы, создаваемые на основе мембран и вирусов?

Занятие 10. Использование бактерий в нанотехнологиях

Цель занятия. Изучить методы и способы применения бактерий в нанотехнологиях.

Доставка веществ внутрь клетки. В настоящее время бактерии рассматриваются практически идеальным транспортным средством для направленной доставки в клетку лекарственных препаратов и генов. Какие свойства бактерий привлекли внимание исследователей, работающих в области направленного транспорта веществ в клетку?

Бактерии обладают естественной способностью легко проникать в живые клетки. При этом, доставляя в клетку вещество (гормон, ДНК, лекарственный препарат), бактерии не только не уничтожают, но даже не повреждают клетку–мишень.

Доставка генов используется в нанотехнологии, получившей название «генной терапии». После того, как доставленный ген попадает в клеточное ядро и начинает функционировать, клетка вырабатывает необходимый ей белок (фермент). Последний нормализует обмен веществ и снижает до минимума проявление наследственной болезни. Каким образом бактерии «загружаются» необходимыми для доставки в клетку генами?

Для этого используют специально приготовленные наночастицы размером от 40 до 200 нм. Затем их соединяют с генами

(фрагментами молекул ДНК). С помощью специальных связующих молекул наночастицы с генами закрепляют на поверхности бактерий (рис. 18).

На одной бактерии можно разместить до нескольких сотен наночастиц, увеличивая, таким образом, количество и «типы» доставляемых грузов. за участком органа, в который доставлено лекарство.

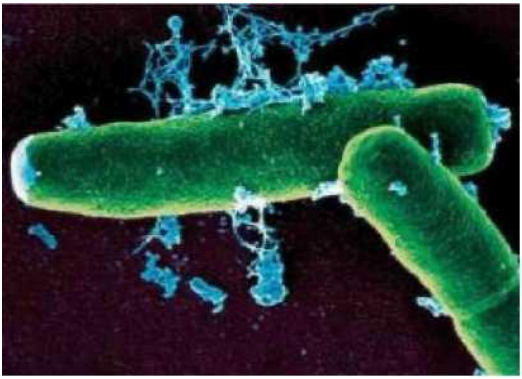


Рис. 18. Бактерии с полезным грузом, закрепленным на их поверхности

Так, например, можно совместить средство для диагностики с лекарством. Тогда появится возможность понаблюдать за участком органа, в который доставлено лекарство.

При контакте «загруженной» генами (лекарством) бактерии с клеткой плазмалемма последней образует впячивание. Мембрана области впячивания окружает бактерию так, что бактерия заключается в мембранный пузырек. Последний проникает внутрь клетки. Через некоторое время бактерия расщепляет мембрану пузырька и оказывается вместе с полезным грузом внутри цитоплазмы клетки. Доставленный груз в виде лекарственного препарата начинает оказывать свое действие. Если доставлялись фрагменты ДНК (гены), то они проявят свою активность спустя некоторое время после проникновения в клеточное ядро.

Использование бактерий для производства наночастиц. Группой немецких биологов, работавшей на урановом руднике в Саксонии, была обнаружена бактерия «Бацилла сферическая JG-A12». Для защиты от тяжелого металла урана бактерия обладает

очень прочной наружной белковой оболочкой. Эта оболочка отличается множеством нанопор, которые располагаются так, что формируется равномерный узор. Как использовать эту уникальную особенность оболочки бактерии для производства наночастиц?

В поиске решения проблемы учеными был проведен ряд опытов. В одном из них бактерия «Бацилла сферическая JG-A12» была помещена в солевой раствор благородного металла палладия. Наблюдения за ней велись в инфракрасном спектре. При контакте с белковой оболочкой бактерии соль палладия превращалась в чистый металл палладий. Из него в порах бактериальной оболочки формировались крохотные наноструктуры (рис. 19), состоящие из 50-80 атомов палладия.

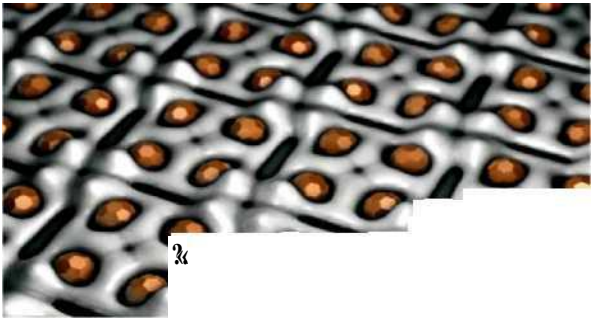


Рис. 19. Нанокристаллы палладия, формирующиеся в порах оболочки бактерии «Бацилла сферическая JG-A12»

Неожиданностью для исследователей оказалось то, что эти наноструктуры
проявляют намного большую каталитическую активность, чем палладий, получаемый другим способом.

В лабораторных экспериментах ученые обнаружили, что некоторые бактерии обладают свойствами химического восстановителя. Как поведут себя такие бактерии, если окажутся в среде, содержащей ионы металла?

Ученые поместили бактерии с восстановительными свойствами в раствор солей золота. Бактерии поглощали ионы золота и, восстанавливая их в цитоплазме своих клеток, превращали в наночастицы металла. Накапливающиеся в цитоплазме наночастицы золота имели диаметр от 5 до 15 нм. Создавая таким об-

разом собственные «золотые запасы», бактерии чувствовали себя нормально и продолжали размножаться.

С помощью данного метода исследователи получили также наночастицы серебра и сплава золота с серебром. Это стало успехом, так как производить наночастицы в таком узком диапазоне размеров биологическими методами ранее не удавалось. Наночастицы металлов, формируемые в теле бактерий, представляют интерес для различных наноконструкций и технологических производств.

Бактерии в качестве источника энергии. Бактерии Шеванелла привлекли внимание ученых своей санитарной функцией. Они перерабатывают токсичные растворы в безвредные вещества. Что произойдет с такими бактериями, если резко ухудшить условия их жизнедеятельности?

Исследователи заставили бактерии Шеванелла работать в очень «тяжелых» условиях. Для этого в среде обитания бактерий уменьшили содержание кислорода, а также необходимых для их жизнедеятельности веществ. На поверхности таких бактерий стали появляться шипы, позволяющие дотянуться если не до кислорода, то до ближайшей бактерии, имеющей доступ к кислороду (рис. 20). При крайнем недостатке питательных веществ, шипы превращались в тонкие длинные нити с гораздо большими возможностями жизнеобеспечения.

Эти неожиданно возникающие у бактерий новые органы исследователи назвали нанонитями**.** Их толщина составляла от 10 до 150 нанометров, а длина, в зависимости от вида бактерий, достигала порой десятков микрометров.

Особый интерес вызвал тот факт, что, получая нужное «питание», бактерии могли освобождаться от лишних электронов, способных перемещаться по этим нанонитям. Если конец нанонити дотягивался до положительного иона, то появлялась разность потенциалов, обусловливающая движение электронов к ионам. Таким образом, возникал электрический ток. Чем более «трудными» были условия жизни бактерий, тем длиннее становились нанонити и большее количество бактерий объединялось в своеобразное «электрическое сообщество»**.** Члены такого сообщества обменивались веществами по живой и очень разветвленной электрической сети. Ученые полагают, что подобные бактерии могут в будущем использоваться в качестве источника энергии.

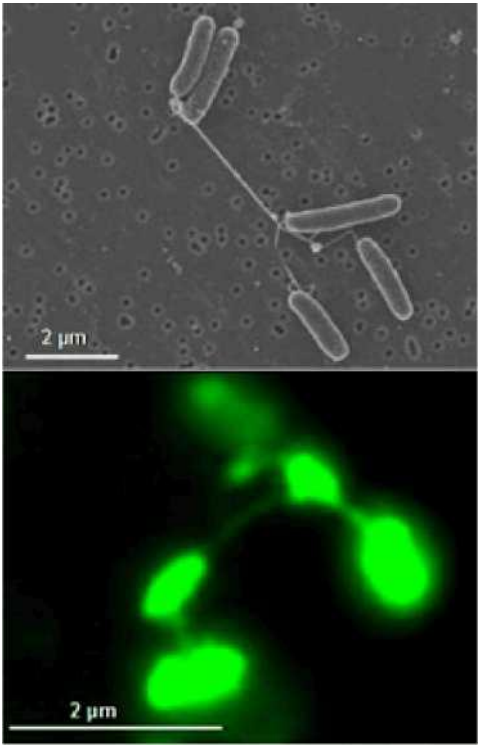


Рис. 20. Бактерии Шеванелла формируют электрическую цепь. Верхняя половина рисунка – снимок, выполненный с помощью сканирующего электронного микроскопа. Нижняя половина рисунка – микрофото, сделанное с применением флуоресцентного микроскопа

Контрольные вопросы

1. Каким образом бактерии проникают в клетку организма-хозяина?

2. Как можно использовать бактерии для доставки в живые клетки лекарств и генов?

3. Каким образом бактерии могут создавать и накапливать наночастицы металлов?

4. Что происходило с бактериями Шеванелла, когда их заставляли работать в тяжелых условиях?

5. Как формировалось «электрическое сообщество» бактерий Шеванелла?

6. Какие особенности бактерий Шеванелла позволяют рассматривать их в качестве возможных источников энергии?

Занятие 11. Наноконструкции и нанотехнологии на основе вирусов

Цель занятия. Значение и применении вирусов как объектов наномира. Дать представление о генетически модифицированных вирусах и использование их в медицине.

Вирусы в борьбе против раковых заболеваний. Каждый вирус является возбудителем строго определенного инфекционного заболевания. Это обусловлено тем, что вирус распознает на клеточной поверхности организма-хозяина специфические структуры – рецепторы, различающиеся у разных типов клеток. Можно ли такую избирательность вирусов использовать для уничтожения только больных (раковых) клеток в органе?

Ученые-онкологи и генетики начали работать над генетической модификацией вирусов. Ее цель – изменить наследственные качества вирусов до такой степени, чтобы те превратились в «высокоточное самонаводящееся оружие». Модифицированные вирусы должны поражать исключительно раковые клетки, оставляя нетронутыми здоровые клетки. Чаще всего для этой цели используют аденовирусы. При этом создают «искусственный вирус», в ДНК которого встраивают ген, позволяющий вирусной ДНК размножаться только в раковых клетках. Миллионы дочерних вирусных частиц, образующихся в раковой клетке, в итоге буквально разрывают ее на части и поражают затем другие раковые клетки. Вирус может внедряться также в здоровые клетки органа, однако в них он не размножается и никакого вреда им не причиняет. Такой способ избавления органа от больных клеток получил название вирусотерапии.

Можно ли генетически модифицированные вирусы использовать для диагностики онкологических заболеваний? Особенно на начальных стадиях их развития, когда немногочисленные в органе раковые клетки не обнаруживаются другими методами.

Для решения указанной проблемы учеными были проведены новые исследования. В ходе них было установлено, что, модифицируя вирусы, им можно придать, кроме способности физи-

чески уничтожать раковые клетки, также другие важные свойства. Так, вирусы могут доставлять в клетки гены, повышающие их чувствительность к лекарственным препаратам. Специфичные для данной опухоли вирусы можно пометить флуоресцирующими красителями, или радиоактивными изотопами. При попадании в организм «меченые» вирусы будут связываться с опухолевыми клетками.

Помеченные вирусами опухолевые клетки будут затем легко обнаруживаться в органе.

«Искусственные вирусы» в коррекции наследственных аномалий

Многие наследственные заболевания человека вызваны различными генными мутациями. К ним относятся гемофилия, дальтонизм и др. Учеными установлено, что вирусы могут быть использованы для лечения некоторых наследственных заболеваний человека. Такие искусственные вирусы способны встраивать свои гены в геном клетки-хозяина, где они функционируют неограниченно долго. Новые гены должны заменить в организме те измененные гены, которые обусловили развитие наследственной болезни. Непростой для решения оказалась проблема «оснащения» вируса новыми (нормальными) генами человека.

Для решения упомянутой проблемы ученые применили метод генетической инженерии. Он должен был обеспечить введение в наследственный аппарат вируса нормального гена человека. Как технически соединить далеко не родственные молекулы ДНК человека и ДНК вируса?

Исследователи использовали для этого «биологические ножницы» – фермент рестриктазу. Ферментом обработали ДНК вируса и ДНК вводимого гена человека. В результате были получены линейные ДНК вируса и гена, имеющие «липкие» концы. Последующая обработка смеси ДНК вируса и гена с «липкими» концами ферментом ДНК-лигазой приводит к образованию вируса, ДНК которого содержит встроенный нормальный ген человека.

Внесенные вирусом в организм человека нормальные гены обеспечивают синтез необходимых белков (ферментов). Последние нормализуют обмен веществ и снижают до минимума проявление наследственной аномалии в организме.

Бактериофаги вместо антибиотиков? В связи со стремительным ростом устойчивости болезнетворных бактерий к антибиотикам, необходимо прекратить их использование. Чтобы антибиотики восстановили свою активность, расстаться с ними желательно на несколько десятилетий. Что может послужить надежной и безопасной заменой антибиотикам?

В качестве одной из альтернатив антибиотикам рассматриваются бактериофаги. Бактериофаги действуют медленнее, однако они гораздо менее вредны, чем антибиотики, являющиеся по существу химическими ядами. Бактериофаги обладают строгой избирательностью**:** каждый бактериофаг уничтожает лишь определенный вид бактерий. Действие антибиотиков менее избирательно, потому они уничтожают в организме полезную микрофлору и вызывают дизбактериоз.

В ситуациях, когда все антибиотики уже не действуют, спасти жизнь могут только бактериофаги. В особых случаях их можно применить вместе с антибиотиками. Уже сейчас бактериофаги успешно используются в нашей стране для лечения и профилактики дизентерии, брюшного тифа, сальмонеллеза и других заболеваний.

Контрольные вопросы

1. Как используются вирусы в борьбе против раковых заболеваний?

2. Каким образом можно использовать вирусы для диагностики онкологических (раковых) заболеваний

3. Как можно использовать вирусы для лечения наследственных заболеваний человека?

4. Какой способ называют вирусотерапией?

5. Можно ли генетически модифицированные вирусы использовать для диагностики онкологических заболеваний?

6. Почему бактериофаги рассматриваются в качестве возможной замены антибиотикам?

Занятие 12. Особенности строения и функционирования вирусов как представителей неклеточной формы жизни

Цель занятия. Изучить особенности строения вирусов**.** Рассмотреть способы внедрения вирусов в клетки живого организма.

Вирусы – простейшая неклеточная форма жизни на Земле, находящаяся на границе между неживой и живой природой. У вирусов отсутствует такое проявление жизни как обмен веществ и энергии. Способность к размножению и связанные с ней наследственность и изменчивость они приобретают лишь после проникновения в живую клетку.

Вирусы распространены в природе повсеместно, поражая все группы живых организмов. Они являются возбудителями самых разнообразных болезней человека: гриппа, оспы, полиомиелита, бешенства, энцефалита, кори, свинки, злокачественных опухолей, СПИДа (синдрома приобретенного иммунодефицита).

Вирусы стали известны науке в 1892 г., когда Д. И. Ивановский впервые опубликовал результаты исследований мозаичной болезни табака. Как же устроены вирусы, своего рода мост между неживой и живой природой?

Размер вирусов составляет 20-100 нм и только в отдельных случаях (вирус оспы) достигает 300 нм. Большинство из них можно увидеть только в электронный микроскоп. Строение вирусов предельно простое. Состоят они из двух компонентов: нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки.

Нуклеиновая кислота является носителем наследственной информации (генетическим материалом), белки защищают ее и обеспечивают ферментацию процессов. Сложные вирусы, такие как вирус СПИДа, имеют ещё дополнительную внешнюю оболочку (липидную мембрану) с гликопротеинами – рецепторами, которые распознают клетку хозяина.

Генетический материал вирусов «исчерпывает» все его возможные виды: одно - и двухцепочечные ДНК, одно - и двухцепочечные РНК. При этом они могут быть как в линейной, так и в кольцеобразной формах. Природа как бы испытала на вирусах все возможные варианты генетического материала. Испытала, чтобы затем остановить свой выбор на двух видах – двухцепочечной

ДНК как хранителе генетической информации и одноцепочечной РНК как ее переносчике.

Соответственно генетическому материалу все вирусы разделяют на две группы: ДНК-содержащие вирусы (аденовирусы, вирусы герпеса); РНК-содержащие вирусы (вирус полиомиелита, вирусы раневых опухолей растений).

Оболочка вируса (капсид) построена из белковых субъединиц (капсомеров) и может иметь палочковидную, сферическую формы, а также форму многогранника. Число белковых субъединиц капсида существенно различается: у некоторых бактериофагов – 12, у вируса табачной мозаики – 2200.

Многие вирусы растений, а также вирус полиомиелита способны образовывать кристаллы, состоящие из миллионов элементарных вирусных частиц. В таком состоянии вирус очень устойчив к внешним воздействиям. Кристаллы вирусов можно растворять и вновь осаждать. Вирус при этом не уничтожается.

Вирусы являются внутриклеточными паразитами, способными развиваться и размножаться только внутри живых клеток. Каким образом вирусы проникают в клетку живого организма?

Способы внедрения вирусов в клетки живых организмов разнообразны. Проникновение вируса в растительную клетку, защищенную прочной клеточной стенкой, происходит только в местах ее механических повреждений вредителями. В клетки животных, защищенные лишь плазмалеммой, вирусы проникают, подобно бактериям, предварительно окружаясь фрагментом клеточной мембраны.

После проникновения внутрь клетки-хозяина белковая оболочка вируса разрушается, и в цитоплазму попадает молекула нуклеиновой кислоты. Каким же образом происходит размножение вируса, от которого в клетке осталась только молекула нуклеиновой кислоты?

Вирусная нуклеиновая кислота включается в обмен веществ клетки-хозяина. Последняя прекращает заботиться о своих нуждах и начинает производить только вирусную нуклеиновую кислоту и вирусные белки. Если вирусной нуклеиновой кислотой является ДНК, то она «размножается» путем типичной ауторепликации (самоудвоения). Одновременно ДНК служит матрицей для синтеза соответствующих молекул информационной РНК.

Последние, поступая в рибосомы клетки-хозяина, обеспечивают синтез белков оболочки вируса.

Затем происходит «самосборка» белковых оболочек вокруг вирусной нуклеиновой кислоты. В результате в одной клетке образуется множество (иногда тысячи) вирусных частиц. У вирусов, не содержащих ДНК, роль носителя наследственной информации выполняет РНК. Выход вирусных частиц из клетки может сопровождаться ее разрушением. Частицы растительных вирусов в определенных условиях могут не выходить из клетки, а накапливаться в ней, образуя кристаллы.

Чем отличаются бактериофаги от остальных вирусов? Бактериофаг состоит из многогранной призматической головки и хвостового отростка. Диаметр головки 60-95 нм, длина хвоста – 250 нм.

Головка образована белковой оболочкой, внутри которой заключена ДНК или РНК. Хвостовой отросток - полый стержень, окруженный чехлом из белков. На его конце расположена пластинка с шипами и нитями (фибриллами), обеспечивающими выбор клетки хозяина и прикрепление на ней. После прикрепления чехол хвоста сокращается, стержень прокалывает клеточную стенку, и нуклеиновая кислота впрыскивается в клетку-хозяина.

Следовательно, бактериофаг «работает» как живой шприц одноразового действия. На поверхности клеток остаются «использованные шприцы» – пустые фаговые оболочки. В клетке происходит «размножение» нуклеиновой кислоты и синтез белков бактериофага. Образующиеся новые бактериофаги после растворения бактериальной оболочки выходят во внешнюю среду.

Благодаря простоте строения и несложности процессов жизнедеятельности вирусы стали удобным объектом исследования. Изучение вирусов привело к пониманию тонкой структуры гена, расшифровке генетического кода, выяснению механизмов наследственности и изменчивости.

Контрольные вопросы

1. Как устроена оболочка вирусов?
2. Как вирусы проникают в живые клетки?
3. Что происходит в клетке организма-хозяина после проникновения в нее вируса?

4. Охарактеризуйте строение бактериофага.

5. Каким образом бактериофаг поражает бактерию?

6. Как используются вирусы в борьбе против раковых заболеваний?

7. Каким образом можно использовать вирусы для диагностики онкологических заболеваний?

Занятие 13. Бактерии-биореакторы управляют процессами жизнедеятельности и здоровьем человека

Цель занятия. Рассмотреть значение бактериальных биореакторов толстого кишечника для организма человека.

Выявить влияние индивидуальных, наследственных, особенностей человека на видовой состав бактерий его кишечника.

Со времен Пастера известно, что желудочно-кишечный тракт человека, по существу, является биореактором проточного типа, в котором обитает множество микроорганизмов. Около ста лет назад российский ученый, лауреат Нобелевской премии И. Н. Мечников предложил удаление толстого кишечника как один из способов продления жизни. А тем, кому эта мера казалась слишком радикальной, он рекомендовал пить как можно больше кефира, чтобы вытеснять вредных микробов полезными молочнокислыми бактериями.

Изменилось ли отношение ученых к бактериям кишечника спустя столетие? Изменилось, к тому же довольно существенно. Так было установлено, что в толстом кишечнике человека обитает около 100 триллионов бактериальных клеток – примерно в 10 раз больше общего числа клеток тела человека. По сути, в организме человека «микробного» оказалось в 10 раз больше, чем собственно «человеческого».

Набор генов, входящих в состав бактериальных сообществ кишечника, примерно в 100 раз превышает набор генов человеческого организма. В свою очередь, объем биохимических реакций, протекающих внутри кишечной популяции бактерий, многократно превышает объем реакций в организме человека. Несметное количество бактериальных «реакторов» осуществляют в организме хозяина тысячи биохимических реакций, поддерживают важнейшие обменные процессы. Те процессы, которые ор-

ганизм человека не способен поддерживать самостоятельно: синтез аминокислот, многих витаминов и биологически активных веществ, разложение опасных ядов.

Зависит ли население бактерий – биореакторов кишечника от индивидуальных качеств человека? Поиском ответа на этот вопрос занялась группа американских биологов под руководством П. Брауна из Стэнфордского университета. Ученые исследовали формирование бактериальной флоры у новорожденных младенцев на протяжении длительного периода. Они установили, что индивидуальные, в том числе наследственные, особенности человека оказывают большое влияние на видовой состав бактерий его кишечника.

Исследования, проведенные в лаборатории университета Вашингтона (США), позволили обнаружить связь между видовым разнообразием бактерий желудочно-кишечного тракта и особенностями обмена веществ индивидуума. Авторам удалось показать принципиальную схожесть микрофлор кишечника у страдающих ожирением людей и ожиревших мышей. Это открывает новые перспективы в решении проблемы избыточного веса путем формирования здоровой микрофлоры у людей, страдающих ожирением.

Таким образом, бактерии – биореакторы кишечника человека осуществляют важные биохимические реакции, перераспределяют энергетические потоки и, по существу, управляют процессами жизнедеятельности организма человека. При этом популяции бактерий изменяются под воздействием среды и самовосстанавливаются при неблагоприятных внешних воздействиях. Этим бактерии-биореакторы повышают приспособляемость организма человека к изменениям среды и, тем самым, улучшают его здоровье в целом.

Биореакторы в космических полетах

В будущих полетах к Марсу и другим далеким космическим объектам не обойтись без биореакторов, непрерывно производящих пищу и топливо. Так считают американские исследователи из НАСА Дж. Камберс и К. Маккей. Они обращают внимание на бактерии, подобные ацидофильным, которые по своей природе не способны вызывать заболевания. Такие бактерии не являются опасными для космонавтов. Не представляют

они угрозу и для «чужих» миров с точки зрения «заражения» их несвойственными микробами.

Исследователи НАСА полагают, что бактерию, пригодную для полета на Марс, придется специально «конструировать». Каким образом можно создать бактерию, идеальную для практического применения в космическом полете?

Ученые предлагают осуществить это путем генетической инженерии. Они намерены, в частности, «извлечь» необходимые гены из ДНК различных видов существующих бактерий и «смешать» их в одном виде «конструируемой» бактерии. В первую очередь это должны быть гены, способные производить биотопливо, съедобный белок и обеспечивать приспособленность к определенным условиям космоса. Например, к марсианским условиям, отличающимся отсутствием кислорода, жестким ультрафиолетовым излучением и крайне низкой температурой.

Первые шаги в этом направлении уже сделаны. Д. Камберс с коллегами сумели получить методом генетической инженерии холодоустойчивый искусственный вид (штамм) обыкновенной кишечной палочки. Для этого им пришлось из бактерий, живущих в приполярных льдах, выделить ген, контролирующий синтез особых «упаковочных» белков шаперонов. Эти белки обеспечивают формирование правильной трехмерной структуры остальных клеточных белков.

Выделенный ген был встроен в ДНК обыкновенной кишечной палочки. Полученная искусственная (гибридная) кишечная палочка прекрасно переносит такой холод, на котором ее «дикий сородич» погибает.

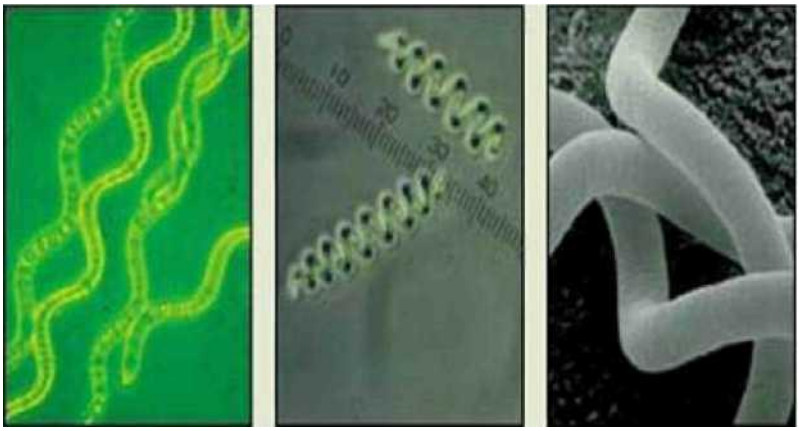


Рис. 21. Сине-зеленая бактерия (старое название – водоросль) спирулина. Фотоснимки (слева-направо) сделаны при малом, среднем и большом увеличении

Ученые планируют провести подобные опыты с сине-зеленой бактерией спирулиной (рис. 21). Она является очень продуктивным производителем белка, содержащего все необходимые человеку аминокислоты. Однако спирулина обитает в теплых морских водах и приспособить ее к суровым условиям Марса представляется нелегкой задачей.

Эти и другие трудности не могут остановить целеустремленно работающих ученых. Если удастся получить хотя бы один вид бактерии-биореактора, способного самостоятельно жить и размножаться на марсианской орбите и постоянно обеспечивать космонавтов пищей и биотопливом, это станет научным достижением века.

Контрольные вопросы

1. Каково количественное соотношение бактериальных клеток и собственных клеток тела в организме человека?

2. Объясните значение бактериальных биореакторов толстого кишечника для организма человека.

3. Каким образом бактериальные биореакторы могут управлять жизнедеятельностью и здоровьем человека?

4. От чего может зависеть видовой состав бактерий, заселяющих организм человека?

5. Почему исследователи космоса заинтересовались бактери-

ями?

6. Какими биологическими свойствами должны обладать бактериальные биореакторы, чтобы стать обитателями космического корабля, отправляющегося к Марсу?

7. Каким образом ученые планируют придать бактериям одного вида все те свойства, которые необходимы для дальних космических полетов?

8. Почему теплолюбивая сине-зеленая бактерия спирулина заинтересовала исследователей космоса как возможный обитатель космического корабля, который отправится к чрезвычайно «холодному» Марсу.

Занятие 14. Источники и основные пути поступления наночастиц в организм человека

Цель занятии. Познакомить с источниками и основными путями поступления наночастиц. Рассмотреть вопросы по биологической безопасности применения наноматериалов.

Основными техногенными источниками наночастиц, попадающих в окружающую среду, а затем и в организм человека, являются:

1) пылевидные выбросы горнорудных и промышленных предприятий
в атмосферу;

2) сточные воды и твердые отходы различных производств;

3) специально производимые и используемые человеком наноматериалы и вещества, содержащие наночастицы.

Как отмечают ученые, важно делать различия между свободными и зафиксированными наночастицами. Фиксированные на определенных местах наночастицы представляют намного меньше угроз из-за своей неподвижности.

Каким образом наночастицы попадают в клетки органов человека? Основными путями поступления наночастиц в организм человека являются:

1. Органы дыхательной системы (носовая полость, носоглотка, трахея, бронхи, бронхиолы, легочные альвеолы), из которых наночастицы проникают в кровь легочных капилляров и далее в

кровяное русло малого круга кровообращения организма; переносимые по воздуху наночастицы двигаются конвекцией и диффузией; частицы такого размера осаждаются преимущественно в дыхательных путях путем диффузии;

2. Органы пищеварительной системы (рот, глотка, пищевод, желудок, тонкий, толстый кишечник), из которых наночастицы поступают в кровяное русло большого круга кровообращения;

3.Эпителий кожных покровов (эпидермис), из которого наночастицы проникают в кровеносные сосуды соединительнотканного слоя кожи (дермы) и далее в сосуды большого круга кровообращения.

Затем наночастицы накапливаются (аккумулируются) в органах-мишенях**.** Соответственно путям поступления наночастиц в организм органами-мишенями становятся, в первую очередь, структуры и ткани дыхательной, пищеварительной систем и системы кожных покровов.

С кровью наночастицы могут заноситься в критические по возможным последствиям органы иммунной, нервной, кроветворной и репродуктивной систем, накапливаясь в их клетках.

Национальные и международные проекты в области безопасности наноматериалов и нанотехнологий

В мире стремительно растет внимание к перспективам развития нанотехнологий. Совокупность научных данных о наноматериалах указывает на то, что они относятся к абсолютно новому классу продукции. В связи с этим как никогда актуальными стали изучение безопасности наноматериалов, а также разработка методологии по оценке их токсичности. Как отдельные страны, так и мировое сообщество в целом остро ощутили потребность в соответствующих нормативных документах.

Национальные инициативы. Заинтересована в вопросах безопасности наноматериалов и нанотехнологий Россия. По оценкам специалистов, к 2015 г. объем продаж российской продукции наноиндустрии составит 250-300 млрд. руб.

Формирование системы надзора за нанотехнологиями и наноматериалами осуществляется в Российской Федерации с 2007 г. В нем участвуют государственные учреждения совместно с научными учреждениями Российской академии наук. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ в 2007 г. была утверждена «Концепция токсикологических исследова-

ний, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов». В «Концепции» даны определения, классификация и область применения наноматериалов, наночастиц и нанотехнологий. В ней также указано на необходимость изучения в полной мере каждого индивидуального наноматериала в токсикологическом аспекте.

В США была обнародована Национальная нанотехнологическая инициатива (NNI), координирующая нанотехнологическую деятельность 26 федеральных агентств. Это межведомственная программа по оценке опасных для здоровья людей агентов на основе использования современных токсикологических тестов. В рамках этой программы ведется изучение потенциального риска применения наноматериалов для здоровья человека. Одна из основных задач данных исследований – разработка нормативов и методик для оценки безопасности нанопродуктов. Американское агентство по охране окружающей среды (EPA) проводит исследования экологической безопасности продуктов, созданных с использованием наноматериалов.

В Японии активно ведутся исследования по оценке потенциальных рисков, связанных с производимыми наноматериалами. Разрабатываются тесты по определению токсичности (главным образом, токсичности при вдыхании) и методы оценки риска, связанного с производством наноматериалов.

Международные проекты и инициативы. Работы по биологической безопасности применения наноматериалов координирует рабочая группа по промышленным наноматериалам при Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). В выполнении межгосударственной программы по выявлению потенциальной опасности наноматериалов принимают участие более 20 стран. В рамках программы ведутся работы по мониторингу содержания наноматериалов в окружающей среде, выявлению их потенциальной токсичности для живых организмов.

На семинаре Европейского центра экотоксикологии и токсикологии химических продуктов обсуждена необходимость расширения работ по изучению наноматериалов. Рассмотрены проблемы их возможной потенциальной опасности, связанной преимущественно с легочным и кожным путями проникновения наноматериалов. Был сделан вывод о том, что воздействие нано-

частиц в значительной степени определяется их составом, площадью и формой.

Национальная ассоциации наноиндустрии и Торгово-Промышленная Палата РФ провели в июне 2010 г. семинар «Нанотоксикология и стандарт безопасности», в котором приняли участие более 60 ученых и специалистов из ведущих российских научных учреждений и вузов. В докладах и выступлениях участников обсуждена необходимость создания научно-образовательных центров по безопасности нанотехнологий и наноматериалов, а также организации региональных центров по тестированию безопасности нанотехнологий и наноматериалов.

В качестве первоочередных задач обеспечения безопасности для здоровья человека продукции наноиндустрии, и нанотехнологий секция определила следующие:

1. Расширение научных исследований в области оценки безопасности наноматериалов, оценки риска их производства и применения;

2. Подготовка гигиенических нормативов содержания наночастиц и наноматериалов в воздухе рабочей зоны, в питьевой воде и водоемах, пищевых продуктах, средствах бытовой химии;

3. Разработка высокоэффективных методов обнаружения и количественного определения наноматериалов в воздухе, воде, почве, пищевых продуктах и средствах бытовой химии;

4. Организация подготовки высококвалифицированных специалистов в области оценки и обеспечения безопасности нанотехнологий и наноматериалов;

5. Расширение сотрудничества с международными организациями в области надзора за нанотехнологиями и использованием наноматериалов;

6. Расширение международного обмена результатами научных исследований в области безопасности нанотехнологий;

7. Подготовка создания международной базы знаний по вопросам нанобезопасности, включающей мировые научные данные о свойствах наноматериалов и их биологическом действии.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте национальные инициативы в области безопасности наноматериалов и нанотехнологий.

2. Какие международные проекты и инициативы в области

безопасности наноматериалов и нанотехнологий вам известны?

3. Какие первоочередные задачи по обеспечению безопасности для здоровья человека продукции наноиндустрии и нанотехнологий сформулированы на форуме «Роснанотех»?

4. Назовите основные пути поступления наночастиц в организм человека.

5. Какие наночастицы представляют меньше угроз фиксированные или свободные и почему?

6. Перечислите техногенные источники наночастиц, попадающих в окружающую среду, и в организм человека?

Занятие 15. Особенности влияния наночастиц на живые организмы

Цель занятия. Знать основные характеристики наночастиц, уметь выявлять и оценивать биологические и экологические риски.

Наночастицы (частицы вещества размером 1-100 нм) гораздо меньше размеров живых клеток. Они обладают уникальными физическими и химическими свойствами. Как поведут себя наночастицы, вступив в контакт с живыми клетками?

Из-за малых размеров наночастицы обладают высокой проникающей и реакционной способностью. Они легко проникают через биологические ткани и стенку кровеносных сосудов, формирующих так называемый тканево-кровяной барьер.

Барьер, призванный защитить органы и ткани от чужеродных веществ и регулировать постоянство состава внутренней (межклеточной) среды организма. Тканево-кровяной барьер оказывается беспомощным перед наночастицами, что может представлять опасность для иммунной системы и всего организма человека (рис. 22).

Наночастицы захватываются клетками и попадают в орга ноиды клетки (митохондрии, ядро и др.). Поэтому новые наноматериалы могут проявлять (или приобретать в организме) непредсказуемые токсикологические и экологические свойства.

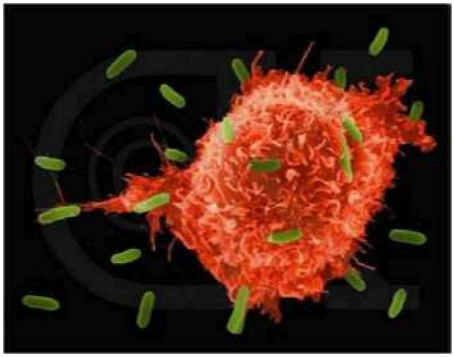


Рис. 22. Наночастицы на поверхности клетки иммунной системы

Как долго могут сохраняться наночастицы после проникновения в живой организм? Ученые из университета Клемсон (США) представили первое свидетельство накопления и сохранения углеродных наночастиц в рисе, которым питается более половины населения земного шара. Семена риса проращивали в растворе, в который предварительно добавили наночастицы углерода. Уже через неделю после проращивания наночастицы углерода были обнаружены в корнях, стеблях и листьях. Через 6 месяцев из таких растений были собраны семена риса, которые проращивали уже в нормальных условиях, не добавляя наночастицы углерода C_{70}. Вопреки прогнозам ученых, в выращенных в нормальных условиях растениях второго поколения были обнаружены агрегаты наночастиц углерода. Следовательно, оказавшись в живом организме, наночастицы углерода проявляют высокую «живучесть», продолжая свое существование и в потомках следующего поколения.

Какими конкретными свойствами обусловлена опасность наночастиц?

К ним в первую очередь следует отнести следующие: 1) чрезвычайно большое отношение площади поверхности наночастиц к объему; 2) высокую реакционную способность; 3) повышенную растворимость наночастиц; 4) высокие каталитические и адсорбционные свойства наночастиц; 5) способность наночастиц к накоплению (аккумуляции) в окружающей среде и пищевых цепях; 6) возможность проникновения наноматериалов через тканевые барьеры в печень, мозг, легкие, почки и другие важнейшие органы жизнеобеспечения; 6) способность наночастиц встраиваться в биологические мембраны, нарушая их про-

ницаемость; 7) низкую способность наночастиц к биологическим превращениям в клетках и значительно сниженное выведение из организма; 8) способность наноструктур накапливаться клетках, тканях и органах; 9) непредсказуемый характер взаимодействия наночастиц с биомакромолекулами и субклеточными структурами.

На протяжении всей своей истории человечество «купалось» в морях и океанах наночастиц, извергаемых вулканами, поднимаемых в атмосферу пыльными бурями пустынь, создаваемых микробами, растениями, грибами и животными в воде и на суше. В течение двух последних веков к наночастицам естественного происхождения лавинообразно и необратимо добавлялись наночастицы, выбрасываемые в атмосферу, воду и почву различными горнорудными, металлургическими, химическими и др. производствами, а также дорожным покрытием и автотранспортом. И только сейчас с развитием нанотехнологий на это обратили внимание. Учеными установлены факты связывания и переноса наночастицами некоторых особо опасных продуктов горения. В проведенных медико-экологических исследованиях получены доказательства влияния твердых пылевых частиц на здоровье человека. Длительное воздействие таких частиц увеличивает риск сердечно-сосудистых и ряда других заболеваний.

Зависит ли опасность наночастиц от их конкретных размеров**?** Для ответа на этот вопрос были проведены специальные исследования. В ходе них установлено, что токсичность наноматериалов напрямую связана с их размерами: чем меньше размер наноматериала, тем больше его удельная площадь и тем больше степень токсичности материала**.** Так, наночастицы золота размером 0,8 нм оказались более токсичными для эмбрионов лабораторных животных, чем наночастицы размером 1,5 нм. В то же время способность вызывать уродства и другие отклонения в развитии организма у тех и других примерно одинакова.

Наночастицы серебра размером 5-50 нм губительно действуют не только на бактерии, но и на клетки печени лабораторных крыс. Их токсичность связана с нарушением функций митохондрий и увеличением проницаемости клеточной мембраны. Однако ингаляционное воздействие наночастицами серебра на лабораторных крыс в концентрации $1{,}73\text{-}10^4$ - $1{,}23\text{-}10^6$ частиц/ $см^3$ в течение 28 дней не вызвало у них значимых изменений в массе

тела и биохимических показателях периферической крови. Это соответствует требованиям американской конференции, установившей предельно допустимую концентрацию наночастиц серебра в воздухе – 2Д6-10^6 частиц/$см^3$.

Исследования токсичности наночастиц кадмия, хрома, меди, никеля и цинка проведены на водной культуре дафний. Они показали, что медь и цинк проявляют похожую токсичность, которая усиливается при низких значениях pH (водородного показателя). При этом добавление в среду тиосульфата натрия снижало токсическое воздействие наночастиц меди.

Контрольные вопросы

1. Почему наночастицы легко проникают через биологические ткани и стенку кровеносных сосудов?
2. Что происходит с наночастицами, которые проникают через тканево-кровяной барьер?
3. Какими свойствами наночастиц обусловлена их опасность для живых организмов?
4. Зависит ли опасность наночастиц от их конкретных размеров?
5. Каким образом воздействуют на живые клетки наночастицы серебра?

Занятие 16. Основные направления использования нанотехнологий в АПК

Цель занятия. Рассмотреть основные области использования нанотехнологий в сельском хозяйстве. Познакомить с наноматериалами, наноустройствами, нанотехнологиями активно применяемыми в агропромышленном секторе.

На сегодняшний день наноматериалы и нанотехнологии находят применение практически во всех областях сельского хозяйства: растениеводстве, животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве, ветеринарии, перерабатывающей промышленности, производстве сельхозтехники и т. д.

В растениеводстве применение нанопрепаратов, в качестве микроудобрений, обеспечивает повышение устойчивости к небла-

гоприятным погодным условиям и увеличение урожайности (в среднем в 1,5-2 раза) почти всех продовольственных (картофель, зерновые, овощные, плодово-ягодные) и технических (хлопок, лен) культур. Эффект здесь достигается благодаря более активному проникновению микроэлементов в растение за счет наноразмера частиц и их нейтрального (в электрохимическом смысле) статуса.

Ожидается также положительное влияние наномагния на ускорение (вернее сказать, на увеличение продуктивности) фотосинтеза у растений.

В свете последних открытий нанотехнологий изучена биологическая роль кремния в живых организмах и биологическая активность его различных (органических и неорганических) соединений. В частности, силатраны, являющиеся клеточным образованием и содержащие кремний, оказывают физиологическое действие на живые организмы на всех этапах эволюционного развития от микроорганизмов до человека. Применение кремнеорганических биостимуляторов в растениеводстве позволяет повысить холодостойкость, выносливость к жаре и засухе, помогает благополучно выйти из стрессовых погодных ситуаций (возвратные заморозки, резкие перепады температуры и т. д.), усиливает защитные функции растений к болезням и вредителям. Препараты снимают угнетающее, седативное действие химических реагентов по защите растений при комплексных обработках.

Нанотехнологии применяются при послеуборочной обработке подсолнечника, табака и картофеля, хранении яблок в регулируемых средах, озонировании воздуха.

Нанотехнологии в сельском хозяйстве предполагают использование для защиты растений препаратов новейшего поколения, которые отличаются максимальным проникновением в листья, стебли и корни активных действующих веществ за счет необычайно малых размеров. Проводится разработка проектов с использованием наноматериалов для более точной и безопасной доставки пестицидов к биологическим мишеням, питательных веществ – к растениям. В этих проектах используются следующие технологии: транспортные процессы, биоселектирующие поверхности, биоразделение, и микроэлектромеханические системы, биоинженерия нуклеиновых кислот, адресовка веществ. Размер частиц этих веществ в десятки и даже сотни раз меньше, чем микроны (10^{-9}). Их

применение дает возможность при минимальных дозах препаратов достигать гораздо больших эффектов и экономить деньги.

Использование наноэлектротехнологии в растениеводстве связало молекулярную и клеточную биологию с помощью внешних электромагнитных полей и биополей живых клеток в общем нанопроцессе, что должно привести к внедрению в практику АПК принципиально новых технологий по производству сельскохозяйственного сырья, материалов, продовольственной пищи и кормов.

В животноводстве и птицеводстве нанотехнологии целесообразно использовать в технологических процессах, где они дают вспомогательное превосходство. При формировании микроклимата в помещениях, где содержатся животные и птицы, их использование позволяет заменить энергоемкую приточно-вытяжную систему вентиляции электрохимической очисткой воздуха с обеспечением нормативных параметров микроклимата: температура, влажность, газовый состав, микробиообсемененность, запыленность, скорость движения воздуха, устранение запахов с сохранением тепловыделений животных.

Российские ученые применяют на практике экологически чистую нанотехнологию электроконсервирования силосной массы зеленых кормов электроактивированным консервантом. Делается это взамен дорогостоящих органических кислот, требующих соблюдения строгих мер техники безопасности. Такая новая нанотехнология повышает сохранность кормов до 95%. Наночастицы железа и других микроэлементов включают в состав премиксов для повышения жизнестойкости животных и их продуктивности.

В животноводстве и птицеводстве при приготовлении кормов нанотехнологии обеспечивают повышение продуктивности в 1,5-3 раза, сопротивляемость стрессам, и падеж уменьшается в 2 раза. Наноустройства, которые могут имплантироваться в растения, животных, позволяют автоматизировать многие процессы и передавать в реальном времени необходимые данные.

В молочной промышленности нанотехнологии используются для создания продуктов функционального назначения. Развивается направление насыщения пищевого сырья биоактивными компонентами (витамины в виде наночастиц). Нанотехнологии и наноматериалы (в частности, наносеребро, наномедь и другие) находят широкое применение в фильтрах и других деталях оборудования молочной промышленности для ингибирования процессов

брожения и скисания молока, дезинфекции сельскохозяйственных помещений и инструментов, при упаковке и хранении молочнокислых пищевых продуктов.

В механизации на основе наноматериалов создано большое число препаратов, позволяющих сократить трение и износ деталей, что продлевает срок службы тракторов и другой сельхозтехники.

Незаменимую роль могут сыграть наноматериалы при использовании их в качестве различных катализаторов, например, катализаторов горения для различных видов топлива, в том числе и биотоплива, или катализаторов для гидрирования растительного масла в масло-жировой промышленности.

Внедряются нанотехнологии и в переработке агропродукции. Так, новая наноэлектротехнология комбинированной сушки зерна основана на том, что в нагретом зерне создается избыточное давление влаги при температуре ниже температуры кипения воды. Вследствие этого ускоряется фильтрационный перенос влаги из зерновки на поверхность в капельножидком состоянии. С поверхности влага выпаривается горячим воздухом. Расход энергии на сушку зерна по сравнению с традиционной конвективной сокращается в 1,3 раза и более, снижаются микроповреждения семян до 6%, их посевные качества улучшаются на 5%. Для низкотемпературной досушки и обеззараживания зерна дополнительно используют озон, что уменьшает количество бактерий в 24 раза и снижает в 1,5 раза энергозатраты.

Сегодня активно применяются в агропромышленном секторе ДНК-технологии, которые позволяют выявить гены, ассоциированные с хозяйственно-ценными признаками, устойчивости к стрессам, инфекционным болезням, а также гены носители рецессивных мутаций – генетических аномалий. В целом вся молекулярная биология может быть названа нанобиотехнологией. Речь идет о создании устройств с использованием биологических макромолекул в целях изучения или управления биологическими системами.

Нанобиотехнология объединяет достижения нанотехнологии и молекулярной биологии. В ней широко используется способность биомолекул к самосборке в наноструктуры. Так, например, липиды способны спонтанно объединяться и формировать жидкие кристаллы. ДНК используется не только для создания наноструктур, но и в качестве важного компонента наномеханизмов. По

мнению ряда ученых, нанобиотехнологии существенно упрощают и ускоряют решение традиционных проблем генетики и селекции сельскохозяйственных растений.

Суперсовременное направление нанобиотехнологии (нанотехнологии в биологии) в растениеводстве – это создание культурных растений, особенно устойчивых к насекомым вредителям и сорной растительности. Исследованиями в этой области занимаются ученые не только развитых, но и развивающихся стран. Например, научные лаборатории Мексики и Индии объединенными усилиями пытаются создать нетоксичный наногербицид.

Разрабатываемые технологии в сельскохозяйственном производстве позволяют:

1. Повысить безопасность производства и качество продукции;
2. Сократить затраты при выращивании растений;
3. Улучшить качество посевного материала;
4. Снизить заболеваемость и повысить устойчивость к вредителям;
5. Увеличить урожайность растений;
6. Получить экологически чистую (безопасную) продукцию.

По мнению ученых, применение нанотехнологий в сельском хозяйстве (при выращивании зерна, овощей, растений и животных) и на пищевых производствах (при переработке и упаковке) приведет к рождению совершенно нового класса пищевых продуктов – «нанопродуктов», которые со временем вытеснят с рынка генномодифицированные продукты.

Согласно общепринятой научной терминологии, продукт может называться «нанопродуктом», если при его выращивании, производстве, переработке или упаковке использовались наночастицы, нанотехнологические разработки и инструменты. Разработчики нанопродуктов обещают более совершенный процесс производства и упаковки продуктов питания, их улучшенный вкус и новые питательные свойства, ожидается также производство «функциональных» продуктов (продукт будет содержать лекарственные или дополнительные питательные вещества). Ожидается также увеличение производительности и уменьшение цен на пищевые продукты.

Перспективы применения агронанотехнологий

Созданы, выпускаются и предлагаются на рынке большое число наноматериалов – металлических, гидрооксидов, оксидов, композитных материалов – которые могут найти применение в сельскохозяйственной механизации. Но основным направлением развития нанотехнологий в этой области будет замена традиционных методов производства сборкой молекулярными роботами любых механических объектов непосредственно из атомов и молекул. Причем возможно создание «персональных» синтезаторов и копирующих устройств, позволяющих каждому человеку изготовить любой предмет по своему желанию.

Станет возможным «внедрение» в живой организм на уровне атомов. Последствия могут быть самыми различными – от «восстановления» вымерших видов до создания новых типов живых существ, биороботов.

Будет достигнуто полное устранение вредного влияния деятельности человека на окружающую среду. Во-первых, за счет насыщения экосферы молекулярными роботами-санитарами, превращающими отходы деятельности человека в исходное сырье, а во-вторых, за счет перевода промышленности и сельского хозяйства на безотходные нанотехнологические методы.

Нанотехнологии могут стать ключом к решению проблемы бедности во всем мире. Среди главных задач – очистка воды, хранение экологически чистого топлива и увеличение плодородности почв. По мнению экспертов, исследования в этих областях, которые ведутся сейчас, позволяют воспринимать всерьез призыв ООН – «победить бедность».

Контрольные вопросы

1. Перечислите отрасли сельского хозяйства где используются нанотехнологии.
2. Назовите наноматериалы, которые применяются в агропромышленном секторе.
3. Какими преимуществами обладают, нанопрепараты в растениеводстве?
4. Где применяются наноматериалы в животноводстве?
5. Какие продукты могут называться нанопродуктами?

Занятие 17-18. Тканевая инженерия

Цель занятия. Изучить технологию получения тканевого импланта. Рассмотреть методы получения матриксов.

Наномедицина включает диагностику и лечение заболеваний человека на молекулярном уровне. Восстановление поврежденных органов становится все более актуальным для современной медицины, привлекая внимание не только ученых-медиков и биологов, но и представителей технических наук. Как результат объединения их усилий оформилось новое межотраслевое направление – тканевая инженерия. Целью тканевой инженерии является конструирование компонентов биологических тканей для последующей имплантации в живой организм. Как получают тканевой имплантат?

Технология получения тканевого имплантата включает:

1. Получение исходного клеточного материала. Для этого у пациента берут клетки той ткани, которая нуждается в восстановлении. Чаще всего отбирают неспециализированные (стволовые) клетки, которые лучше других размножаются в искусственной среде;
2. Изготовление биосовместимых конструкций (матриксов) для культивирования клеток пациента;
3. Формирование тканей в лабораторных условиях *(in vitro)*. Стволовые клетки помещаются в специальную среду, которая способствует превращению их в клетки конкретного типа;
4. Имплантация полученных конструкций в организм пациента.

Важной задачей тканевой инженерии является конструирование трехмерных матриксов, способствующих образованию тканей. Матрикс должен выступать в качестве каркаса, а также стимула для размножения стволовых клеток и последующего превращения их в специализированные клетки новой ткани.

Ткань может быть выращена на матриксах, которые после имплантации в организм хозяина по мере роста новой ткани полностью растворяются. При этом на месте дефекта остается только новая ткань. Возможно также имплантировать «биокомпозит», состоящий из матрикса и уже частично сформированной

новой ткани. Какими свойствами должен обладать «идеальный» матрикс?

1. Матрикс должен иметь структуру, копирующую структуру ткани организма-хозяина и обеспечивать рост ткани в пространстве.

2. Матрикс должен обладать сетью больших пор, обеспечивающих доставку питательных веществ ко всем клеткам. Желательно, чтобы матриксы стимулировали образование кровеносных сосудов внутри пор.

3. Матриксы должны иметь определенную структуру поверхности: текстура пор нанометрического масштаба или шероховатость поверхности влияют на функциональную активность прикрепляющихся к ней клеток.

4. Необходимое свойство идеальных матриксов – способность к биоразрушению. Продукты распада материала матрикса должны быстро выводиться из организма.

5. Оптимальные каркасы активируют клетки ткани к самовосстановлению (в материал матрикса можно включать биологически активные соединения, факторы роста клеток, лекарственные препараты).

6. Механические свойства матрикса должны соответствовать механическим свойствам ткани организма-хозяина.

Матриксы получают из биологических тканей, удаляя из них клетки и сохраняя трехмерную структуру межклеточного вещества. Матриксы можно изготавливать из неорганических и органических материалов, используя, например, керамику, полимеры, кораллы, коллаген, желатин и др.

При использовании не разрушаемых матриксов нередко возникают осложнения, связанные с длительным присутствием чужеродного материала в организме. Поэтому ученые сосредоточили свои усилия на разработке матриксов из биоразрушающихся полимеров. Одними из первых стали использоваться биоразрушающиеся матриксы, создаваемые на основе полимеров молочной и гликолевой кислот. Из них уже создан ряд тканеинженерных конструкций кожи, кости, хряща, сухожилий, мышц и др.

К перспективным методам получения матриксов относится метод электростатического формования или электроспиннинга. В чем заключается сущность электроспиннинга?

Капилляр, заполненный раствором (расплавом) полимера, помещается в электрическое поле. Находящийся в капилляре раствор полимера заряжается, и его плоский мениск становится выпуклым. Изменяя показатели напряжения поля, вязкости жидкости и скорости ее подачи, можно формировать волокно, сечение которого оказывается меньше диаметра капилляра. После испарения растворителя волокно становится еще тоньше. Подобным образом можно получить волокно диаметром несколько нанометров.

Клеточные матриксы для роста, размножения и дифференциации клеток, полученные методом электроспиннинга, обладают такими преимуществами как высокая пористость и удельная поверхность, малый диаметр волокон. Благодаря этому резко увеличивается способность матрикса связываться с рецепторами клеток. Это позволяет максимально заполнить матрикс клетками и повысить их концентрацию в поврежденной зоне.

Клеточные матриксы из нановолокон уже используются для регенерации хрящевой, костной и нервной тканей, кожи, стенок кровяных сосудов. Для обеспечения лучшей биологической совместимости при их создании зачастую применяют природные полимеры: коллаген, белок шелка, целлюлозу, а также их смеси. Чтобы улучшить механические свойства волокон, матрикс формируют одновременно из биологических и синтетических полимеров. В клеточные матриксы могут включать также неорганические компоненты. При пересадке костной ткани для этого используют карбонат и фосфат кальция.

Метод электроспиннинга позволяет производить полимерные нановолокна и капсулы, внутри которых содержатся живые, способные к специализации клетки (рис. 23).

Для этого используется система «игла в игле». По внутренней игле поступают взвешенные в среде живые клетки, а по внешней игле - густой, не проводящий электричество полимер.

Приложение электрического поля позволяет вытягивать каплю полимера в тончайшую нить. При этом клетки, содержащиеся внутри волокон и подвергающиеся воздействию электрического поля, не теряют своих свойств в течение нескольких дней. Использование различных полимеров позволяет создавать волокна, различающиеся по прочности и долговечности. Возможно, в будущем такие нановолокна будут применяться в качестве шовного материала в хирургии.

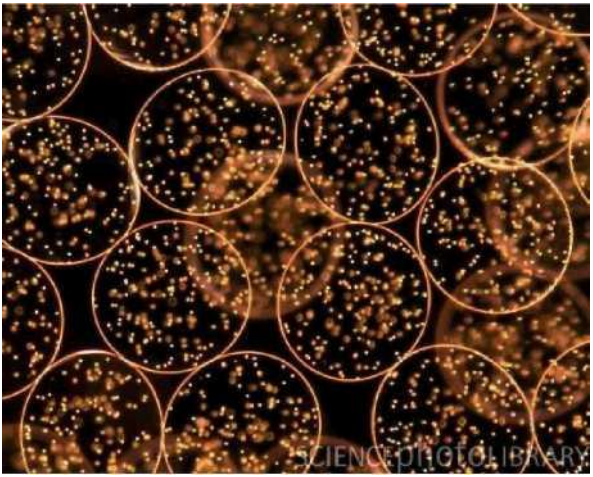


Рис. 23. Живые клетки, инкапсулированные в полимер (микрофотография)

Метод электроспиннинга имеет, к сожалению, серьезный недостаток: клетки могут повреждаться электрическим током. Как предотвратить гибель клеток при использовании метода электроспиннинга?

Решением упомянутой проблемы стала разработка нового метода получения нановолокон. Таким стал метод создания нановолокон с помощью давления**.** Данную технологию можно использовать в создании искусственных каркасов для регенерации органов и точечной доставки лекарств. Чтобы создать волокна, содержащие живые клетки, разработчики метода использовали приспособление, оснащенное тремя концентрическими иглами. Первая (внутренняя) игла высвобождает клетки, вторая игла поставляет обволакивающий их полимер, а третья (внешняя) игла обеспечивает необходимое давление. Медленно выделяя клетки, обволакиваемые движущимся с более высокой скоростью полимером, и прикладывая давление, в два раза превышающее атмосферное, исследователи получили длинное и очень тонкое волокно. Его толщина регулируется величиной прикладываемого давления. На общем успехе проведенных испытаний сказался, в первую очередь, тот факт, что используемый уровень давления

не оказывал никаких отрицательных воздействий на жизнедеятельность клеток.

Достижения нанобиологии и нанобиотехнологий наиболее востребованы в медицине. Ни одна другая сфера человеческой деятельности так не «жаждет» открытий в нанобиологии и достижений нанобиотехнологий как медицина. И это вселяет основательные надежды на то, что тесное сотрудничество медиков и нанобиологов позволит предотвратить онкологическую и инфекционно-иммунную катастрофы.

Контрольные вопросы

1. Какую функцию выполняют медицинские имплантаты?
2. Какими свойствами должен обладать «идеальный» матрикс для тканевой инженерии?
3. В чем заключается сущность электроспиннинга?
4. Каким образом используются микро-и нановолокна, полученные методом электроспиннинга?
5. Дайте определение понятия «наномедицина».
6. Назовите необходимое свойство идеальных матриксов?

Рекомендуемая литература

1. Огурцов, А.Н. Бионанотехнология: учебное пособие / А.Н. Огурцов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. - 480 с.
2. Газит, Э. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития: учебное пособие / Э. Газит – Научный мир, 2011. – 149 с.
3. Горленко, В.А. Научные основы биотехнологии: нанотехнологии в биологии: учебное пособие / В.А. Горленко, Н.М. Кутузова. – Издательство: «Прометей», 2013. – 262 с.

Оглавление

Предисловие	3
Занятие 1. Нанотехнология и бионанотехнология	4
Занятие 2. Нанобиотехнология – новый этап развития биологии	7
Занятие 3-4. Наномир в микроскопе	12
Занятие 5. Белковые «наномоторы» в живых клетках	18
Занятие 6. Самоорганизация и модификация белков	20
Занятие 7. Биочипы, их применение в исследованиях структуры ДНК	25
Занятие 8. Искусственные наноматериалы на основе ДНК	29
Занятие 9. Модели биологических мембран, их использование в качестве биофильтров	33
Занятие 10. Использование бактерий в нанотехнологиях	37
Занятие 11. Наноконструкции и нанотехнологии на основе вирусов	42
Занятие 12. Особенности строения и функционирования вирусов как представителей неклеточной формы жизни	44
Занятие 13. Бактерии-биореакторы управляют процессами жизнедеятельности и здоровьем человека	48
Занятие 14. Источники и основные пути поступления наночастиц в организм человека	51
Занятие 15. Особенности влияния наночастиц на живые организмы	56
Занятие 16. Основные направления использования нанотехнологий в АПК	59
Занятие 17-18. Тканевая инженерия	64
Рекомендуемая литература	70

ОСНОВЫ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ

Методические указания для лабораторных занятий

Составители:

Заспа Любовь Фёдоровна
Корнилова Валентина Анатольевна
Ухтверов Андрей Михайлович

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 18.09.2015. Формат 60×84 1/8
Усл. печ. л. 3,49, печ. л. 3,75.
Тираж 30. Заказ №246.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: (84663) 46-2-47
Факс 46-6-70
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

Зоология

Методические указания и рабочая тетрадь для лабораторно-практических занятий

Студент (ка)_____

Группа _____

Курс _____

Форма обучения_____

Кинель
РИЦ СГСХА
2014

УДК 590 (07)
ББК 28.6 Р
З-85

З-85 Зоология : методические указания и рабочая тетрадь для лабораторно-практических занятий / сост. Л. М. Зайцева, Л. П. Гниломедова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 76 с.

Учебное издание позволит студентам закрепить основные теоретические знания, излагаемые в процессе обучения на лекциях и лабораторно-практических занятиях. Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения факультета «Биотехнология и ветеринарная медицина», обучающихся по направлению 06.03.01 «Биология».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014
© Зайцева Л. М., Гниломедова Л. П., составление, 2014

Оглавление

Предисловие……. 4
Занятие №1. Зоология – наука о животных…….. 5
Занятие №2. Методы изучения клетки……. 8
Занятие №3.Тип простейшие…… 20
Занятие №4. Многоклеточные. Черви. Гельминтология…… 23
Занятие №5. Тип Кольчатые черви…… 28
Занятие №6. Тип Членистоногие. Основные классы и их общая характеристика……. 30
Занятие №7. Тип Моллюски…… 40
Занятие №8. Общая характеристика типа Хордовые. Подтип Бесчерепные – Ланцетник…… 45
Занятие №9. Общая характеристика надкласса Рыбы – класс Костные рыбы…… 49
Занятие №10. Общая характеристика класса Амфибии или Земноводные……... 53
Занятие №11. Общая характеристика класса Рептилии…….. 57
Занятие №12. Общая характеристика класса Птицы…….. 62
Занятие №13. Класс Млекопитающие/ Звери…….. 68
Рекомендуемая литература……. 75

Предисловие

Рабочая тетрадь по «Зоологии» составлена в соответствии с рабочей программой и предназначена для студентов очной формы обучения факультета «Биотехнологии и ветеринарная медицина» по направлению020400. «Биология».

Цель издания – ознакомить студентов с курсом «Зоологии» − разделом «Биология», в котором изучают животных, их внешнее и внутреннее строение, жизнедеятельность, многообразие, связи со средой обитания, распространение, индивидуальное и историческое развитие, роль в природных сообществах и значение для человека. Значение основ и механизмов регуляции биологических процессов и функций необходимо в практической деятельности биоэколога. Учебное издание позволит студентам закрепить основные теоретические положения, излагаемые в процессе обучения на лекциях и лабораторно-практических занятиях. Каждая тема снабжена теоретической частью, контрольными вопросами для устного опороса и проведения контрольных работ ; рекомендуемой литературой.

Наука «Зоология» (от греч. «зоон» − животное, «логос» − учение) изучает животный мир. Современная зоология представляет собой систему наук, изучающих животных с разных точек зрения. Эти науки различаются объектами, задачами и методами исследований.

Задача специалиста сводится к точному определению особенностей животного мира для дальнейшего анализа. Осуществлять такую задачу могут только те специалисты, которые владеют не только глубокими теоретическими знаниями, но и навыками научно исследовательской и практической работы. Поэтому, в данном издании значительное место отводится работам, выполняемым индивидуально. Текущий контроль знаний проводится в виде контрольной работы по пройденным темам. Аттестация студентов осуществляется в конце семестра. Студент должен выполнить все контрольные работы, и заполнить все разделы в рабочей тетради. Зачет по зоологии осуществляются тестированием на компьютере.

ЗАНЯТИЕ №1. **ЗООЛОГИЯ – НАУКА О ЖИВОТНЫХ**

Цель занятия. 1) Ознакомиться с основными определениями и понятиями в зоологии. 2) Отличительные особенности царства животных. Разнообразие животного мира.

Задания для самоподготовки: а) «Зоология» как раздел биологии; б) основные этапы развития зоологических исследований; в) животные в системе органического мира; г) значение животных в биогенном круговороте веществ в биосфере; д) значение зоологии для теоретической биологии и развитие прикладных отраслей.

НОМЕНКЛАТУРА − совокупность научных названий таксонов. Названия таксонам даются на латинском языке и имеют синонимы на других языках, кроме того виды могут иметь тривиальные (народные, бытовые) названия, возникшие в различные исторические времена – например, класс Рептилий могут называть *пресмыкающиеся, гады*.

В науке Систематика используется бинарная номенклатура (двойное название) видов −

Passer montanus L. − Воробей полевой,

Felis domastica − Кошка домашняя,

где первое слово означает род (по-латыни пишется с заглавной буквы) и второе слово – видовое название, затем может стоять сокращенное имя автора, давшего это название: L. – Линней К.

Царство (лат. *regnum*) ЖИВОТНЫЕ	Царство ЖИВОТНЫЕ
Тип (лат. *typos*) ХОРДОВЫЕ	Тип ХОРДОВЫЕ
Класс (лат. *classis*) МЛЕКОПИТАЮЩИЕ	Класс МЛЕКОПИТАЮЩИЕ
Отряд (лат. *ordo*) ХИЩНИКИ	Отряд ПРИМАТЫ
Семейство (лат. *familia*) КОШАЧЬИ	Семейство ГОМИНИДЫ
Род (лат. *genus*) КОШКА	Род ЧЕЛОВЕК
Вид (лат. *Species*) КОШКА ДОМАШНЯЯ	Вид ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ

ВИД – совокупность особей, имеющих сходное морфо-физиологическое строение, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, с общим эволюционным происхождением и выполняющих определенную роль в природе.

ВИД − совокупность особей, имеющих общие характерные признаки (критерии):

- морфологические – сходство признаков внешнего и внутреннего строения;
- физиологические − сходство процессов и биоритмов, протекающих в организмах;
- биохимические − сходство химического состава внутренней среды, особенностей метаболизма;
- генетические – определенный набор хромосом, скрещиваемость и плодовитое потомство;
- географические – обитание особей данного вида в пределах общего ареала;
- этологический − присущие только данному виду особенности поведения;
- экологические – освоение видом экологических ниш, комплекс адаптаций к определённым экологическим факторам.

ВИД – качественно обособленная форма жизни (уровень живой природы), этап и основная единица эволюционного процесса, имеющий особый генофонд, сформировавшийся в ходе эволюции.

Виды формируют специфические экологические ниши в экосистемах. Особи вида и его популяций обладают общей эволюционной судьбой, возникают, развиваются и вымирают в условиях, создаваемых иерархией экосистем планеты.

ФИЛОГЕНЕТИКА устанавливает родство между организмами и таксонами на основе эволюционного происхождения; филогенетическое древо (рис. 1).

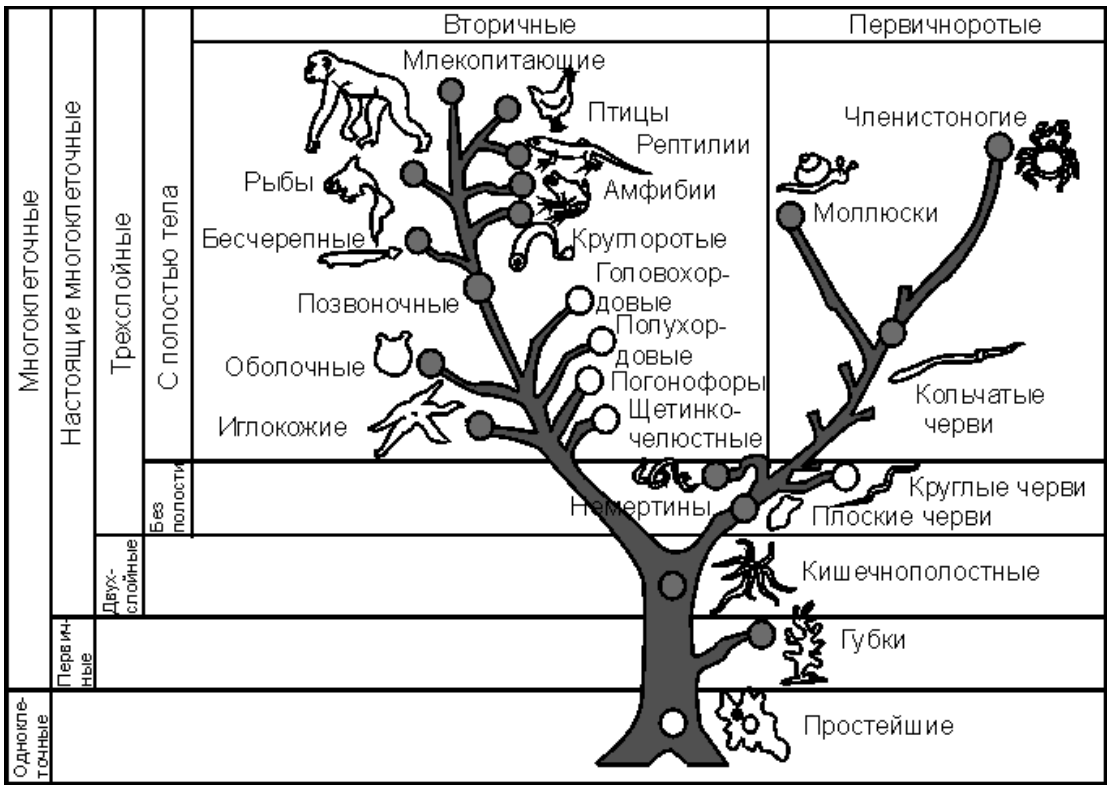


Рис. 1. Филогенетическое древо

Задание 1. Привести примеры систематической номенклатуры двух видов растений и животных.

Империя КЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ	
Царство ЖИВОТНЫЕ	Царство ЖИВОТНЫЕ
Вид	Вид

Империя КЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ	
Царство РАСТЕНИЯ	Царство РАСТЕНИЯ
Вид	Вид

ЗАНЯТИЕ №2. **МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ**

Цель занятия. 1) Ознакомиться со специальными методами в биологии по изучению клетки. 2) На основе знаний устройства светового микроскопа освоить технику микроскопирования и приготовления временных препаратов.

Задания для самоподготовки. *Необходимо* изучить: а) основные части микроскопа, их назначение и устройство; б) правила работы с микроскопом; в) современные методы изучения клетки.

Оборудование. 1. Микроскопы МБР-1, МБИ-1, Биолам, МБС-1. 2. Таблицы: схемы устройства микроскопов, отдельных их частей, хода лучей между конденсором и объективом.

Микроскопия позволяет наблюдать мелкие объекты. Увеличение достигается системой линз объектива и окуляра.

Световая микроскопия (ув. до 8000 раз; разрешение 0,2 мкм)	**Электронная микроскопия** (ув. до 100 000 раз; разрешение 0,1нм)

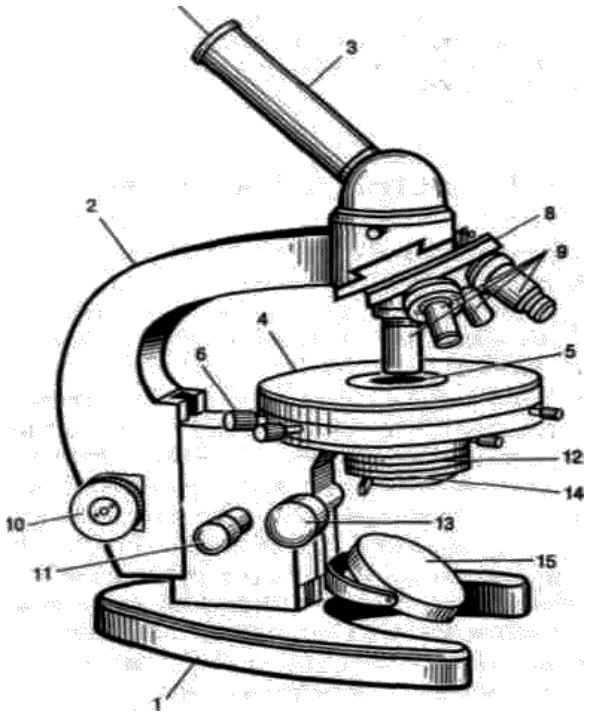


Рис. 1. Микроскоп МБР-1

1 – основание (штатив); 2 – тубусодержатель; 3 – тубус; 4 – предметный столик; 5 – отверстие предметного столика; 6 – винты, перемещающие столик; 7 – окуляр; 8 – револьвер; 9 – объектив; 10 – макрометрический винт (кремальеры); 11 – микрометрический винт; 12 – конденсор; 13 – винт конденсора; 14 – диафрагма; 15 – зеркало.

Устройство Микроскопа МБР-1 (МБИ-1, БИОЛАМ)

К основным частям микроскопа МБР-1 относят: механическую, оптическую и осветительную (рис. 1).

К механической части относятся: штатив, предметный столик, тубус, револьвер, макро- и микрометрические винты.

Штатив состоит из массивного основания, придающего микроскопу необходимую устойчивость. От середины основания вверх отходит тубусодержатель, изогнутый почти под прямым углом, к нему прикреплен тубус, расположенный наклонно.

На штативе укреплен предметный столик с круглым отверстием в середине. На столике имеются два зажима, или клеммы, неподвижно фиксирующие препарат. По бокам столика расположены два винта, при вращении которых столик передвигается вместе с объектом в горизонтальной плоскости. Через отверстие в середине столика проходит пучок света, позволяющий рассматривать объект в проходящем свете.

Макрометрический винт, или кремальера, имеет большой диск и при вращении поднимает или опускает тубус для ориентировочной наводки на фокус. Микрометрический винт при вращении перемещает тубус незначительно и служит для точной наводки на фокус. Вращать микрометрический винт можно только на пол-оборота в обе стороны. Благодаря разным размерам найти нужный винт можно на ощупь.

Оптическая часть микроскопа представлена окулярами и объективами. Окуляр (от лат. oculus – глаз) находится в верхней части тубуса и обращен к глазу. По цифре на верхней поверхности окуляра можно судить о кратности его увеличения (×7, ×10, ×15). Окуляр можно вынимать из тубуса и заменять по мере надобности другим.

На противоположной стороне тубуса помещается револьвер (от лат. revolvo – вращаю), в котором имеются гнезда для объективов. Объектив ввинчивается в гнездо револьвера. Объективы также имеют различную кратность

увеличения, которая обозначается цифрой на его боковой поверхности. Различают: объектив малого увеличения (≤10), объектив большого увеличения (≤40) и иммерсионный объектив, используемый для изучения наиболее мелких объектов (≥90).

Общее увеличение микроскопа равно увеличению окуляра, умноженному на увеличение объектива. Помните, что изображение в микроскопе обратное.

Осветительная часть микроскопа состоит из зеркала, конденсора и диафрагмы.

Зеркало укреплено на штативе ниже предметного столика и его можно вращать в любом направлении. Зеркало имеет две поверхности: вогнутую и плоскую. *Вогнутая* поверхность сильнее концентрирует световые лучи и поэтому используется при более слабом освещении (искусственный свет).

Конденсор находится между зеркалом и предметным столиком, он состоит из двух-трех линз, заключенных в общую оправу. Пучок света, отбрасываемый зеркалом, проходит через систему линз конденсора. Меняя положение конденсора (выше, ниже), можно изменять интенсивность освещенности объекта. Для перемещения конденсора служит винт. При опускании конденсора освещенность уменьшается, при поднимании (к предметному столику) – увеличивается.

Ирисовая диафрагма, вмонтированная в нижнюю часть конденсора, также служит для регуляции освещения. С помощью специальной ручки, расположенной на конденсоре с правой стороны, можно менять положение пластинок диафрагмы относительно друг друга и таким образом уменьшать или увеличивать отверстие и, следовательно, регулировать освещенность.

ПУТЬ СВЕТОВОГО ЛУЧА

лампа → зеркало → линза конденсора → препарат → линза объектива →

→ линза окуляра

ПРАВИЛА РАБОТЫ С МИКРОСКОПОМ МБР-1

1. Установите микроскоп так, чтобы его зеркало находилось против источника света.

2. Поставьте в рабочее положение объектив малого увеличения. Когда объектив занимает срединное (центрированное) положение, в револьвере срабатывает устройство – защелка, при этом слышится легкий щелчок и револьвер фиксируется.

Запомните, что изучение любого объекта начинается с малого увеличения.

3. Поднимите с помощью макрометрического винта объектив над столиком на высоту примерно 0,5 см. Откройте диафрагму и немного приподнимите конденсор.

4. Глядя в окуляр, вращайте зеркало, пока поле зрения не будет освещено ярко и равномерно.

5. Положите на предметный столик приготовленный препарат покровным стеклом вверх, чтобы объект находился в центре отверстия предметного столика.

6. Затем под контролем зрения медленно опустите тубус с помощью макрометрического винта (кремальеры), чтобы объектив находился на расстоянии около 5 мм от препарата.

7. Смотрите в окуляр и одновременно медленно поднимайте тубус с помощью кремальеры до тех пор, пока в поле зрения не появится изображение объекта (запомните, что фокусное расстояние для малого увеличения равно приблизительно 0,5 см).

Всегда *фокусируйте микроскоп, перемещая тубус* ***вверх****, а* ***не вниз****.*

8. Для перехода к рассмотрению объекта при большем увеличении микроскопа, необходимо отцентрировать препарат, т. е. поместить объект или ту часть его, которую вы рассматриваете, в самый центр поля зрения. Если объект не будет центрирован, то при большом увеличении он останется вне поля зрения.

9. Вращая револьвер, переведите в рабочее положение объектив большего увеличения.

10. Опустите тубус под контролем глаза (смотрите, как опускается тубус, не в окуляр, а сбоку) почти до соприкосновения с препаратом (помните, что фокусное расстояние для объектива большого увеличения равно примерно 1 мм!).

11. Затем, глядя в окуляр, медленно (!) поднимайте тубус, пока в поле зрения не появится изображение. Не торопитесь, поскольку фокусное расстояние всего 1 мм и его легко пройти. Если изображение объекта отсутствует, то повторите пункты 10 и 11.

12. Для тонкой фокусировки используйте микрометрический винт.

13. При зарисовке препарата смотрите в окуляр левым глазом, а в альбом правым.

При изучении в световом микроскопе мелких объектов используют иммерсионный (от лат. immersia – погружать или окунать) объектив. При работе с этим объективом на покровное стекло необходимо поместить каплю вещества, имеющего одинаковый показатель преломления со стеклом. Обычно для этого используют кедровое масло. Между линзой и покровным стеклом не остается воздушной прослойки, и луч света проходит через однородную (в отношении показателя преломления) среду без отклонения. При работе с иммерсионным объективом пункты 8 и 9 остаются в силе.

14. Опустите тубус (глядя на него сбоку) так, чтобы нижняя линза объектива погрузилась в каплю иммерсионного масла.

15. Затем, глядя в окуляр, с помощью только микровинта следует осторожно (!) (фокусное расстояние объектива ×90 еще меньше, чем для объектива ×40) немного опустить, а затем поднять объектив, чтобы получить четкое изображение.

Помните, что работа с иммерсионным объективом требует более интенсивного освещения поля зрения.

Методика приготовления временного микропрепарата

Временные препараты для световой микроскопии можно сделать быстро. Для этого материал фиксируют, окрашивают и заключают в среду. Срезы свежего материала можно сделать с помощью бритвы непосредственно в 70% спирте или физиологическом растворе, которые служат фиксатором. Для окрашивания можно использовать как временные красители: р-р иода, анилин;

так и постоянные красители. Затем препарат покрывают тонким покровным стеклом, чтобы предохранить от загрязнения объектив.

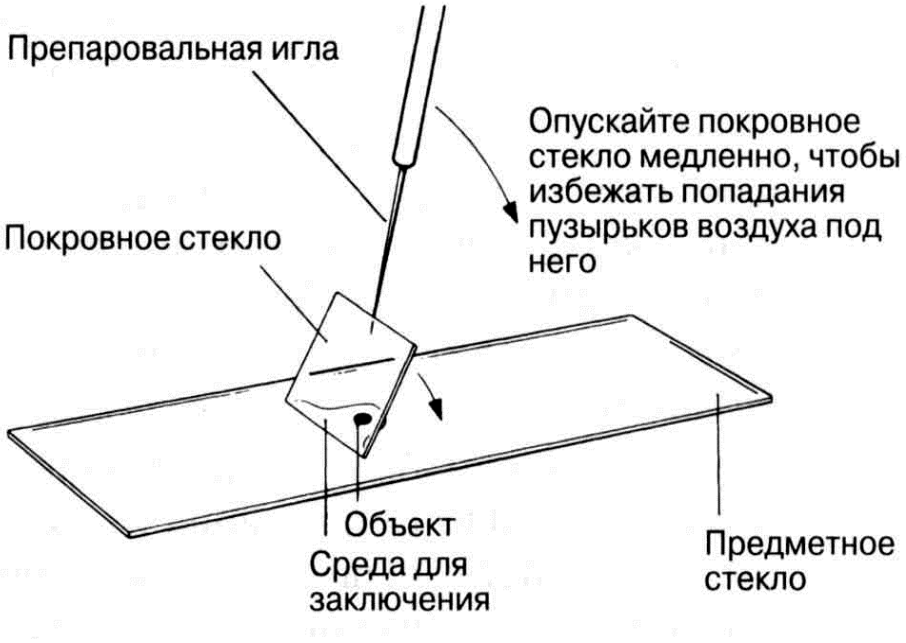


Рис. 2. Заключение препарата и наложение покровного стекла на предметное

Возьмите предметное стекло из чашки Петри, держа его за боковые грани, и положите на стол. Поместите в центр стекла объект, например кусочки волос (волокна ваты) длиной 1,5 см. Затем глазной пипеткой нанесите на объект (волосы) одну каплю воды. После этого возьмите покровное стекло (обязательно за боковые грани, иначе оставите отпечатки пальцев на поверхности) и положите его сверху на предметное стекло (рис. 2).

Измерение микроскопических объектов (микрометрия)

При изучении объектов, особенно в сравнительном аспекте, важным признаком являются размеры. Поэтому необходимо уметь определять размеры отдельных структур или целого объекта. Измерение микрообъектов называется МИКРОМЕТРИЕЙ. Для измерения деталей объекта, изучаемого с помощью микроскопа, используют микрометры – **ОКУЛЯР-МИКРОМЕТР** и **ОБЪЕКТ-МИКРОМЕТР**.

Окуляр-микрометр вставляется в окуляр микроскопа. Обращайтесь с микрометрами осторожно, следите, чтобы на них не осталось отпечатков пальцев. Держите их только за края, чтобы случайно не поцарапать.

Прежде чем измерять с помощью окуляр-микрометра какой-нибудь объект, нужно установить цену деления окуляр-микрометра при каждом из увеличений. Иными словами, нужно откалибровать окуляр-микрометр. Для этого на предметный столик помещают вместо препарата объект-микрометр и отсчитывают, сколько его делений приходится на известное число делений окуляр-микрометра при данном увеличении. Порядок действий следующий:

1. Отвинтите верхнюю линзу окуляра и вставьте в окуляр микрометр, следя за тем, чтобы шкала была обращена кверху. Микрометр будет при этом лежать горизонтально, опираясь на выступ внутри окуляра. Верните линзу на место.

2. На предметный столик поместите объект-микрометр. Свет должен проходить через шкалу (она должна быть хорошо видна в микроскоп).

3. Поворотом револьверной головки поставьте на место объектив малого увеличения и медленно поднимайте его винтом грубой настройки до тех пор, пока шкала не попадет в фокус.

4. Вращая линзу окуляра, установите шкалу окуляр-микрометра параллельно шкале объект-микрометра, а затем передвиньте последнюю так, чтобы показания обеих шкал можно было сопоставлять.

5. Определите возможно более точно, сколько делений объект-микрометра приходится на известное число делений окуляр-микрометра. (Чем больше делений вы возьмете, тем большей будет точность.).

6. Цена деления объект-микрометра может быть 0,1 или 0,01 мм (эта величина на нем указана). Зная ее, вы можете рассчитать абсолютное значение одного деления окуляр-микрометра для данного увеличения.

7. Повторите ту же процедуру для других линз объектива, с которыми вы намерены работать (а, если необходимо, то и для любых других линз окуляра). Калибровка каждого окуляр-микрометра всегда рассчитана только на данный набор линз и данный микроскоп.

8. Уберите с предметного столика объект-микрометр и поставьте на его место препарат. Теперь вы можете измерить любую часть препарата в делениях шкалы окуляр-микрометра. Поворачивая линзу окуляра, устанавливайте шкалу окуляр-микрометра параллельно той части препарата, которую вы собираетесь измерить.

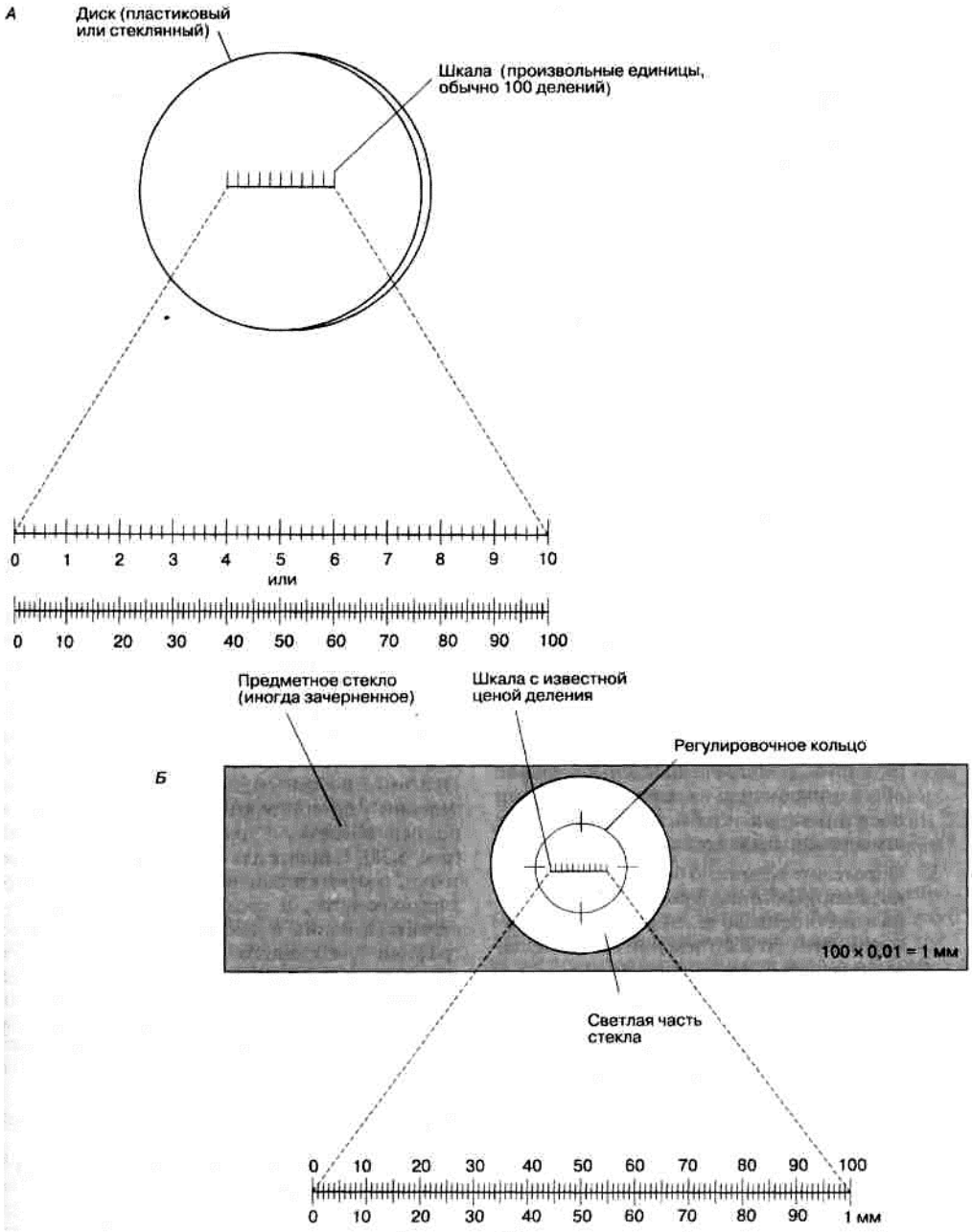


Рис. 3. Окуляр-микрометр:

А) окуляр-микрометр; Б) шкала объект-микрометра. Общая длина – 1мм

Легче переводить деления окуляр-микрометра в абсолютные величины с помощью графика. При этом по оси ординат откладывают число делений окуляр-микрометра, например 100, а по оси абсцисс – размеры в миллиметрах (рис. 4.). Найдите для каждого увеличения две точки, соответствующие 1 и 100 делениям окуляр-микрометра, и соедините их прямой. Постройте в одних и тех же координатах такие графики для каждого увеличения, используя подходящие шкалы для оси абсцисс. Теперь можете определить величину в миллиметрах для любого числа делений окуляр-микрометра при любом увеличении. Такие графики всегда удобно хранить под рукой вместе с микроскопом.

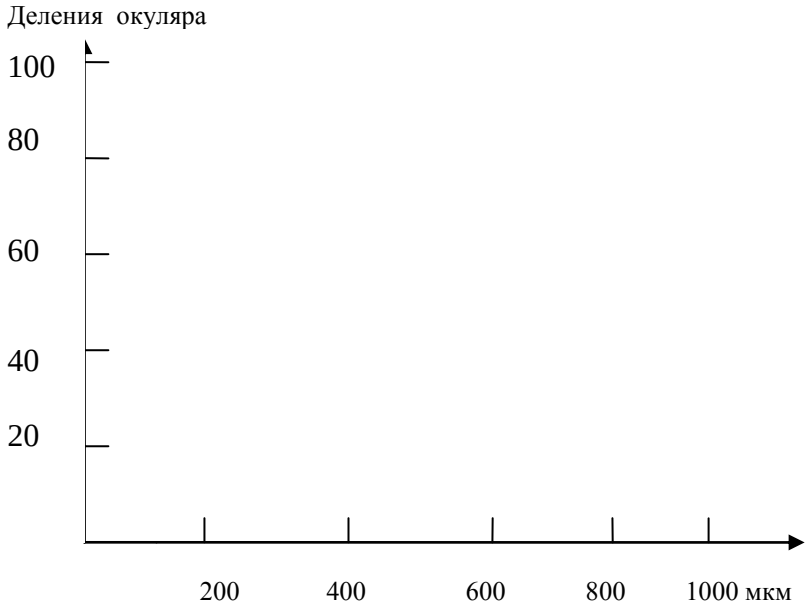


Рис. 4. График для перевода делений окуляр-микрометра в микрометры

МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОГО МИКРОПРЕПАРАТА

1. **ВЗЯТИЕ МАТЕРИАЛА**. Биологические объекты можно исследовать как живыми, так и фиксированными. Забор материала производится быстро для сохранности структур; толщина кусочков не более 5 мм; обязательно проводится маркировка кусочка.

2. **ФИКСАЦИЯ.** Это сохранение материала в состоянии, близком к естественному. Быстрая фиксация обеспечивает сохранение структур объекта, при этом ткани уплотняются. Фиксатор вызывает денатурацию белков и тем самым приостанавливаются обменные процессы.

Простые фиксаторы: спирт, формалин; сложные фиксаторы: р-р Карнуа, р-р Цинкера.

3. **ОБЕЗВОЖИВАНИЕ** проводится при подготовке материала к заливке или для заключения его в среду**.** Обезвоживание проводят постепенно, обрабатывая материал рядом растворов этанола или ацетона (пропанала).

4. **ПРОСВЕТЛЕНИЕ** – некоторые среды для заливки не смешиваются со спиртом, поэтому его замещают ксилолом – веществом для просветления.

5. ЗАЛИВКА в уплотняющие среды (парафин, смолы, целлоидин) – для получения очень тонких срезов на микротоме.

6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СРЕЗОВ − на микротоме получают срезы толщиной 8-12 мкм, которые затем приклеивают на предметное стекло. Срезы для световой микроскопии можно приготовить, не заливая в среду; для этого используют замораживающий микротом.

7. ОКРАШИВАНИЕ или КОНТРАСТИРОВАНИЕ – обычно структуры на срезах прозрачные, поэтому их окрашивают, что делает срезы контрастными и видимыми при световом микроскопировании.

Из тканей жидкой консистенции (кровь, костный мозг, т.п.) изготавливают препараты в виде мазка на предметном стекле, который также фиксируют, окрашивают.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Окрашенные препараты заключают на предметном стекле в специальную среду, например в канадский бальзам или эупаром. Он не пропускает воздух, поэтому препарат может сохраняться неограниченно. Заключенный в среду препарат покрывают покровным стеклом.

Тесты

1. Перечислите элементы механической части микроскопа.

а) Штатив. б) Тубус. в) Окуляр. г) Револьвер. д) Объектив.

2. Каким образом с помощью конденсора и диафрагмы можно увеличить интенсивность освещенности объекта?

а) Опустить конденсор. б) Увеличить отверстие ирисовой диафрагмы. в) Поднять конденсор. г) Уменьшить отверстие ирисовой диафрагмы. д) Изменить положение зеркала.

3. Перечислите элементы оптической части микроскопа.

а) Конденсор. б) Окуляры. в) Зеркало. г) Объективы. д) Диафрагма.

4. Назовите объективы малого увеличения.

а) ×7. б) ×15. в) ×8. г) ×40. д) ×90.

5. Окуляры какой кратности увеличения имеет микроскоп?

а) ×7. б) ×15.в) ×8. г) ×40. д) ×20.

6. Перечислите элементы осветительной системы микроскопа.

а) Зеркало. б) Конденсор. в) Диафрагма. г) Револьвер. д) Объективы.

7. Каково назначение вращающейся пластинки, или револьвера?

а) Приводит в движение тубус. б) Для смены объективов. в) Для собирания лучей света. г) Для постановки под тубус нужного объектива. д) Приводит в движение столик.

8. Укажите увеличения,иммерсионного объектива.

а) ×8. б) ×15. в) ×40. г) ×90. д) ×7.

9. Укажите часть микроскопа, при передвижении которой меняется положение объектов.

а) Тубус. б) Револьвер. в) Кремальера. г) Конденсор. д) Диафрагма.

10. В какую часть микроскопа вставляются окуляры?

а) Тубус. б) Револьвер. в) Кремальера. г) Конденсор. д) Диафрагма.

11. Укажите элементы осветительной части микроскопа.

а) Тубус. б)Револьвер. в) Кремальера. г) Конденсор. д) Диафрагма.

12. Объективы какой кратности увеличения наиболее часто используются при микроскопировании.

а) ×40. б) ×10. в) ×8. г) ×90. д) ×30.

13. При каком положении частей микроскопа освещение объекта максимально.

а) Конденсор поднят. б) Конденсор опущен. в) Диафрагма открыта не полностью.

14. В какую часть микроскопа вмонтированы объективы.

а) Тубус. б) Револьвер. в) Кремальера. г) Конденсор. д) Диафрагма.

15. Окуляры какой кратности увеличения наиболее часто используются при микроскопировании.

а) ×8. б) ×10. в) ×15. г) ×7. д) ×40 .

16. Укажите элементы оптической части микроскопа.

а) Кремальера. б) Объектив. в) Окуляр. г) Микровинт. д) Тубус.

17. Что происходит при опускании конденсора?

а) Освещение уменьшается. б) Освещение увеличивается. в) Изображение становится более конкретным. г) Контрастность изображения уменьшается. д) Меняется фокусное расстояние.

18. Какую функцию выполняет микровинт?

а) Ориентировочная фокусировка. б) Увеличение освещения. в) Уменьшение освещения. г) Точная фокусировка изображения. д) Увеличение контрастности.

19. Назовите оптический метод, который позволяет изучать движение и взаимодействие живых клеток, перемещение в цитоплазме их структурных компонентов.

а) Просвечивающий электронный микроскоп. б) Фазово-контрастная микроскопия. в) Сканирующий микроскопия.

20. Назовите метод, с помощью которого можно разделить клетки, органоиды, молекулы по их плотности, массе.

а) Авторадиография. б) Хроматография. в) Электрофорез. г) Центрифугирование.

ЗАНЯТИЕ №3. **ТИП ПРОСТЕЙШИЕ (PROTOZOA)**

Цель занятия. 1) Изучение признаков типа Простейшие. 2) Уметь идентифицировать представителей различных классов, давать характеристику экологии представителей.

Задания для самоподготовки: общая характеристика типов и классов Простейших; основные представители; особенности размножения и жизненные циклы; экология простейших.

Задание 1. Изучить классификацию п/ц Простейшие. Изучить таблицу 1.

Таблица№1

Систематическое положение Простейших

Тип	**SARCOMASTIGOPHORA**	**(САРКОМАСТИГОФОРЫ)**
Подтип	Mastigofora	(Жгутикосцы)
Класс.	Phitomastigina$_f$	(Растительные жгутиконосцы, фитомастигины)
Отряд	Euglenoidea	(Эвгленовые)
Род	Euglena	(Эвгленовые)
Вид	E. viridis	(Эвглена зеленая)
Отряд	Photomonadin	(Фитомонады)
Род	Volvox	
Вид	*V. globator*	*(Вольвокс)*
Класс	Zoomastigina	(Животные жгутиконосцы или зоомастигины)
Отряд	Protomonadin	(Протомонадовые)
Род	Trypanosoma	(Трипаносомы)
Вид	*T. equiperdum*	*(Трипаносома лошадиная)*
Подтип	Sarcodina	(Саркодовые)
Класс	Rhizopoda	(Корненожки)
Отряд	Amoebina	(Голые амебы)
Род	Amoeba	(Амеба)
Вид	*A. proteus*	*(Амеба-протей)*

Задание 2. Зарисовать амебу АМЕБА ПРОТЕЙ Amoeba proteus.

РИСУНОК AMOEBA PROTEUS

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ДИЗЕНТЕРИЙНОЙ АМЕБЫ **(ENTAMOEBA HISTOLYTICA).** Зарисовать схему жизненного цикла.

СХЕМА СТРОЕНИЯ И ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДИЗЕНТЕРИЙНОЙ АМЕБЫ **(ENTAMOEBA HISTOLYTICA)**

Задание. 3. **Класс Споровики (SPOROZOA). Жизненный цикл МАЛЯРИЙНОГО ПЛАЗМОДИЯ**

Патогенные простейшие **класса СПОРОВИКИ (SPOROZOA)** имеют важное медицинское значение, т.к. вызывают тяжелые заболевания человека и животных . Относительное упрощение строения споровиков связано с внутриклеточным паразитированием. Жизненные циклы споровиков характеризуются высокой сложностью, сопровождаются сменой хозяев и чередованием разных форм размножения – бесполого и полового. У человека паразитируют 4 вида малярийных плазмодиев :

- Возбудитель трехдневной малярии – Plasmodium vivax

- Возбудитель четырёхдневной малярии- Plasmodium malaria
- Возбудитель тропической малярии – Plasmodium falciparum
- Возбудитель малярии овале- Plasmodium ovale

Рассмотреть и изучить схему жизненный цикла малярийного плазмодия на (рис. 1).

СХЕМА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАЛЯРИЙНОГО ПЛАЗМОДИЯ PLASMODIUM VIVAX

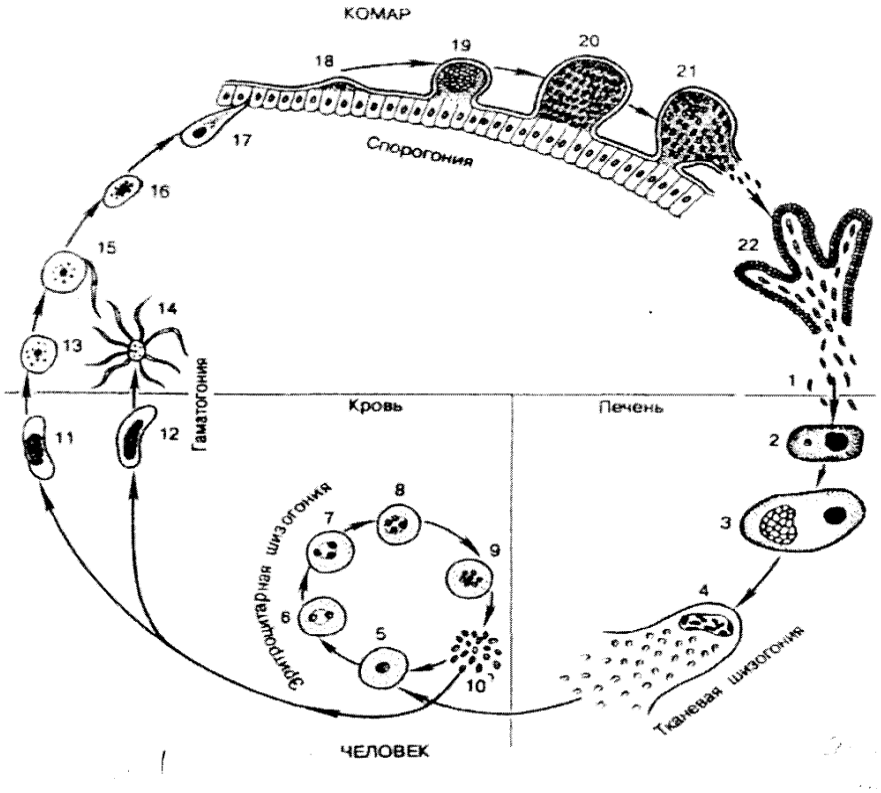


Рис. 1. Жизненный цикл Plasmodium falciparum:

1 – выход спорозоитов из протока слюнной железы и внедрение их в клетки печени; 2-4 – тканевая шизогония; 5-10 – эритроцитарная шизогония; 11-12 – гаметоциты; 13 – женская гамета; 14 – образование микрогамет; 15 – оплодотворение; 16 – зигота; 17 – оокинета; 18-20 – развитие ооцисты; 21 – разрыв зрелой ооцисты и выход спорозоитов; 22 – спорозоиты в слюнной железе.

Задание 4. Заполнить таблицу 2. Дать сравнительную характеристику строения и функций представителям Protozoa.

Таблица№2

Характерные признаки	Амеба протей	Эвглена зеленая	Инфузория туфелька
Форма тела			
Органеллы движения			
Органеллы питания			
Сократительная вакуоль			
Ядерный аппарат			
Размножение			
Половой процесс			
Жизненный цикл			
Значение в природе			

ЗАНЯТИЕ №4. **МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ (METAZOA). ЧЕРВИ. ГЕЛЬМИНТОЛОГИЯ**

Цель занятия. 1) Изучить характерные черты строения и жизнедеятельности низших многоклеточных.

Задания для самоподготовки: а) признаки подцарства многоклеточные; б) отличительные особенности классов типа Плоские и Круглые черви; в) основные представители; г) особенности организации паразитических червей; д) экология червей.

Материал и оборудование. *Микропрепараты*: системы печеночного сосальщика; головки свиного и бычьего солитеров; зрелый членик свиного солитера; поперечный срез аскариды, острицы. *Микроскопы.*

Задание 1. Тип Плоские черви. Класс СОСАЛЬЩИКИ *Trematoda*. Печеночный сосальщик (FASCIOLA HEPATICA).

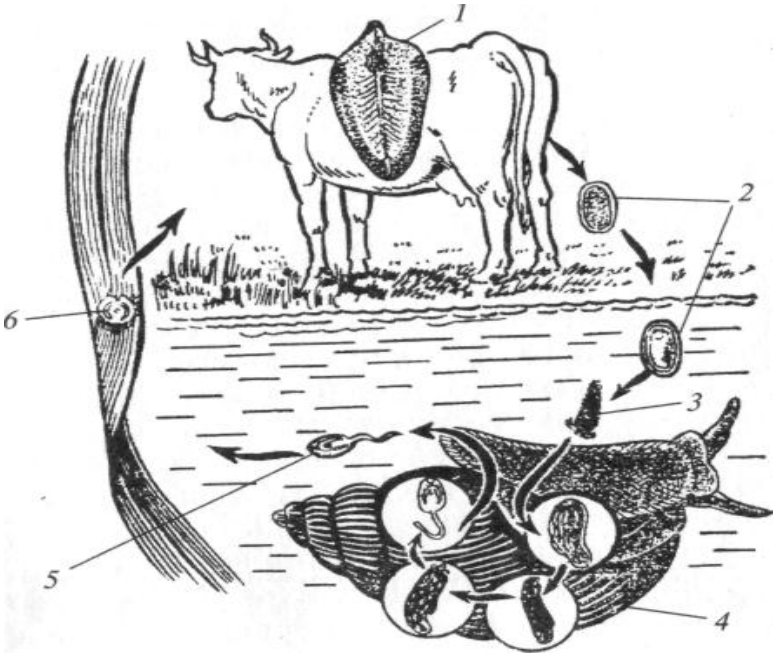


Рис. 1. Кл. Сосальщики.Жизненный цикл печеночного сосальщика:

1 − взрослый червь; 2 − яйцо; 3 − личинка с ресничками- мирацидий; 4 − развитие паразита в моллюске партеногенетическое размножение; 5 −личинка с хвостом; 6 -личинка в цисте

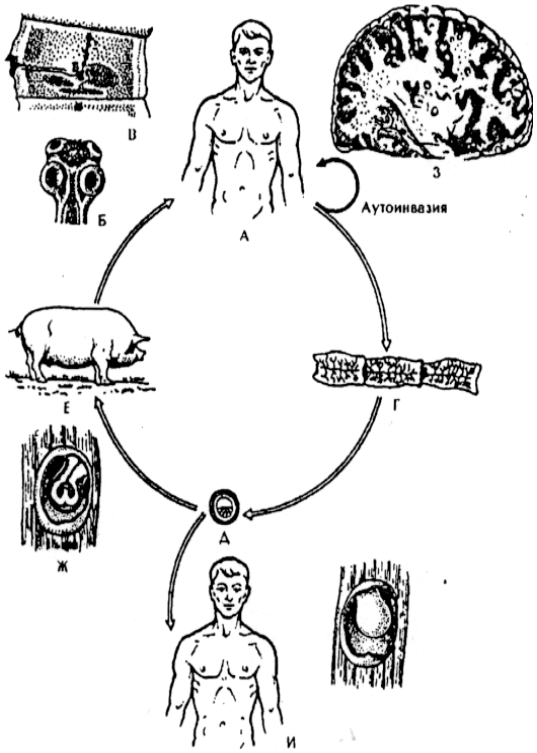


Рис 2. Жизненный цикл Свиного цепня:

А − дефинитивный хозяин человек; Б – сколекс; В − гермафродитный членик; Г − группа зрелых члеников; Д – яйцо; Е − промежуточный хозяин, инвазированный финками; Ж – цистицерк в мясе; З − цистицерк мозга при аутоинвазии человека; И − человек в роли факультативного промежуточного хозяина

Печеночный сосальщик паразитирует в желчных протоках рогатого скота. Человек может им заразиться при употреблении сырой воды из водоема на заливном лугу, где пасется скот. Взрослая особь сосальщика откладывает огромное количество яиц (20 тыс. в день). Позвоночные – окончательный хозяин взрослой особи (половозрелой) − мариты. У печеночной двуустки промежуточный хозяин − брюхоногий моллюск (малый прудовик). Яйца мариты развиваются в воде. Из яйца выходит личинка покрытая ресничками мирацидий.

Мирацидий внедряется в моллюска — малого прудовика (рис. 1) (промежуточный хозяин). Из моллюска выходит плавающая хвостатая личинка церкарий, которая прикрепляется к растениям и инцистируется, превращаясь в адолескарию. *Адолескарии* в организме домашних животных или человека (окончательный хозяин) развиваются во взрослого сосальщика. Взрослый червь (гермафродит) размножается половым путем, откладывая яйца. На препарате рассмотреть строение печеночного сосальщика.

Задание 2. Рассмотреть и изучить рисунки 2,3. Класс Ленточные черви Свиного цепня и Бычьего цепня.

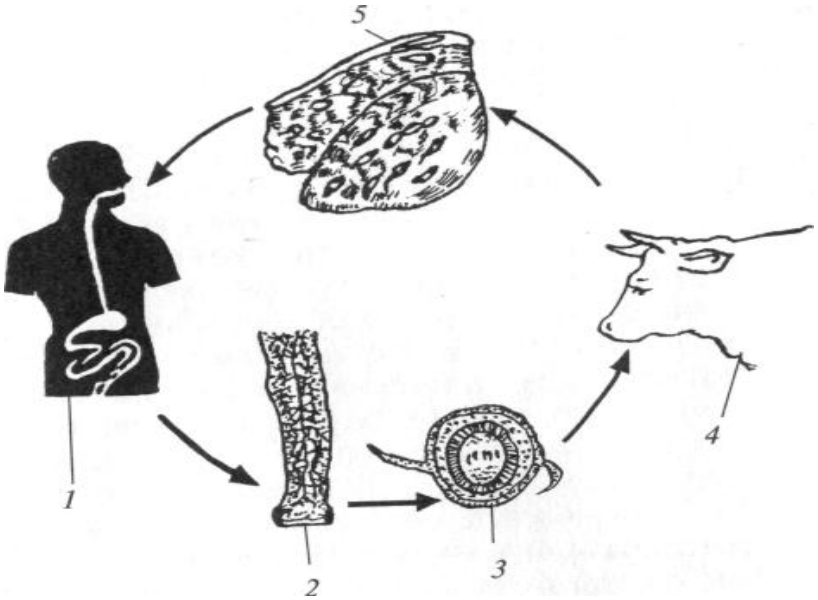


Рис. 3. Схема развития цепня невооруженного Taeniarhynchus saginatus:
1 − окончательный хозяин; 2 − зрелый членик; 3 − яйцо; 4 − промежуточный хозяин; 5 − финнозное мясо быка

Задание 3. Дать общую характеристику типа плоские черви (PLATHELMINTHES) и сравнить классы.

Указать характерные признаки типа Плоские черви (PLATHELMINTHES):

1. − слойные животные (одно-, дву-, трех-)
2. − симмерия тела (асимметричные, двусторонняя, радиальная)
3. − сегментированное тело (метамерно, не-)
4. − целом (имеется, нет-)
5. форма тела _____
6. голова и специальные органы _____
7. кишка – (отсутствует, сквозная, слепо замкнута, разветвленная)
8. органы размножения _____(отсутствуют, раздельнополые, гермафродиты).

Заполнить таблицу 1, используя учебник и пособия, конспекты лекций.

Таблица1

Сравнительная характеристика классов

ПРИЗНАКИ	**класс Turbellaria**	**класс Trematoda**	**класс Cestoda**
Среда обитания			
Форма тела			
Присоски и «крючки»			
Кутикула			
Строение кишки			
Жизненный цикл			
Представители			
Значение в природе			

Задание 4. Указать характерные признаки типа Круглые черви (**NEMATODA, NEMATHILMENTES**):

1.− слойные животные (одно-, двух-, трех-)

2.− симмерия тела (асимметричные, двусторонняя, радиальная

3.− сегментированное тело (метамерно, не-)

4. целом (имеется, нет)

5. форма тела_____

6. тело покрыто − кутикула, хитин, кожа, гиподерма, продольные мышцы, круговые мышцы (не нужное зачеркнуть)

7. кишка − (отсутствует, сквозная, слепо замкнута, разветвленная)

8. нервная система представлена – окологлоточное нервное кольцо, головной мозг, спинной нервный тяж, брюшной нервный тяж, диффузный тип, узловой тип (лишнее зачеркнуть)

9. органы размножения (отсутствуют, раздельнополые, гермафродиты)

10. газообмен осуществляется (легкими, жабрами, трахеидами, анаэробное расщепление).

Задание 5. **Тип Круглые черви. Класс Нематоды.** Зарисовать: а) внешний вид самки и самца Аскариды ASCARIS LUMBRICOIDES, б) схему жизненного цикла Аскариды.

Схема жизненного цикла ASCARIS LUMBRICOIDES

Контрольные вопросы

1. Назовите черты прогрессивной организации круглых червей:
2. Каких червей называют паразитическими? Привести примеры.
3. Какие классы относятся к типу Круглые черви?
4. Кто является промежуточным и кто − окончательным хозяином в цикле развития паразитических червей?
5. Каковы признаки морфофизиологической дегенерации у паразитических червей?
6. Каковы признаки приспособления к паразитизму у плоских и круглых червей?
7. Почему плоских червей называют гермафродитными животными?
8. Чем объясняется большая плодовитость паразитических червей?
9. Какие отрицательные воздействия оказывают гельминты на организм человека?

ЗАНЯТИЕ №5. **ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ (ANNELIDA)**

Цель занятия. 1) Изучить признаки вторичнополостных (целомические) животных. 2) Отличительные особенности их от низших представителей.

Задания для самоподготовки: а) общая характеристика типа Кольчатые черви. Общая характеристика Класса Малощетинковые черви; б) экологическая радиация форм в типе; в) экология дождевого червя, роль в почвообразовании.

Задание 1. Укажите характерные признаки типа Кольчатые черви (**ANNELIDA**):

1. − слойные животные (одно-, дву-, трех-)

2. − симмерия тела (асимметричные, двусторонняя, радиальная

3. − сегментированное тело (метамерно, не-)

4. − целом (имеется, нет);вторичная полость заполнена− _____ (воздухом, жидкостью, паренхимой, выстлана эпителием)

5. форма тела – вытянутое, листовидное, червеобразное, членистое, в поперечном сечении уплощенное, в поперечном сечении круглое (лишнее зачеркнуть)

6. кишка− (отсутствует, сквозная, слепо замкнута, разветвленная)

7. органы размножения − (отсутствуют, раздельнополые, гермафродиты).

Задание. 2. Заполните таблицу. 1,используя учебник, пособия, конспекты лекций.

Таблица. 1

Сравнительная характеристика классов

ПРИЗНАКИ	**Класс POLYCHAETA**	**Класс OLYGOCHAETA**	**Класс HIRUDINEA**
Среда обитания			
Голова обособлена			
Параподии			
Наличие пояска			
Строение кишки			
Жизненный цикл			
Представители			
Значение в природе			

Задание. 3. ЗАРИСУЙТЕ ПОПЕРЕЧНЫЙ СРЕЗ Дождевого червя Lumbricus terrestris.

	1 — кутикула; 2 — щетинки; 3 — эпидермис; 4 — кольцевой кровеносный сосуд; 5 — полость кишечника; 6 – кишечник; 7 — срез через брюшную нервную цепочку; 8 — брюшной кровеносный сосуд; 9 — спинной кровеносный сосуд; 10 — целом; 11 — продольная мускулатура; 12 — кольцевая мускулатура; 13 — срез через воронку нефридия;

Рис. 1. Кольчатые черви Пиявка

Задание. 4. Рассмотреть рисунок 1, изучить внешнее строение пиявки.

Контрольные вопросы

1. Какие ароморфозы характерны для типа Кольчатые черви?

а) появление целома; б)появление параподий; в)появление кровеносной и дыхательной систем; г) появление метанефридиев; д) появление заднего отдела кишечника.

2. Укажите отличительные признаки целома у кольчецов:

а) полостная жидкость не отделена от окружающих тканей и органов; б) полостная жидкость отделена; в) имеет метамерное строение; г) выстлан эпителием.

3.Укажите признаки дегенерации пиявок в связи с паразитизмом:

а) ложная кольчатость; б) редукция целома ;в) карманы пищеварительной системы; г) присоски ;д) редукция кровеносной системы.

ЗАНЯТИЕ №6. **ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ И ИХ ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Цель работы.1) Подробно изучить обзор типов трехслойных вторичнополостных первичноротых животных.

Задания для самоподготовки: а) особенности организации Членистоногих их разнообразие; б) изучить отряды насекомых с полным и неполным превращением **,**пользуясь учебником**;** в) общая морфофункциональная и экологическая характеристика классов Членистоногие.

Задание 1. Указать характерные признаки типа Членистоногие (Arthropoda).

1. − слойные животные (одно- , дву- , трех-)

2. − симмерия тела (асимметричные, двусторонняя, радиальная)

3. − сегментированное тело (метамерно, не-)

4. полость тела образована _____(целом имеется, целом нет, смешанного типа гемоцелем)

5. покров тела_____

6. голова и специальные органы _____

7. кровеносная система − _____(отсутствует, замкнутая, незамкнутая, неразветвленная, имеются сосуды, есть сердце, сердце отсутствует)

8. органы размножения _____(отсутствуют, раздельнополые, гермафродиты, половой диморфизм)

9. нервная система – узлового типа, диффузного типа, трубчатая, передний отдел развит в головной мозг _____ , окологлоточное нервное кольцо – _____, брюшная нервная цепочка, брюшной и спинной стволы – (лишнее зачеркнуть).

КЛАССИФИКАЦИЯ РАКООБРАЗНЫХ

Класс Ракообразные Crustacea

Подкласс Жаброногие Branchiopoda

Отряд Беспанцирные (артемии)

Отряд Листоногие Phyllopoda (щитни, дафнии)

Подкласс Максиллоподы

Отряд Веслоногие Copepoda (циклопы)

Отряд Усоногие Cirripedia (морские желуди, морские уточки)

Подкласс Высшие раки Malacostraca

Отряд Разноногие Isopoda (бокоплавы)

Отряд Десятиногие Decapoda (креветки, лангусты, омары, крабы, речной рак).

Задание 2. Пользуясь лекциями и учебником, рассмотрите Речного рака – Potamobius (рис. 1) и заполните таблицу 1.

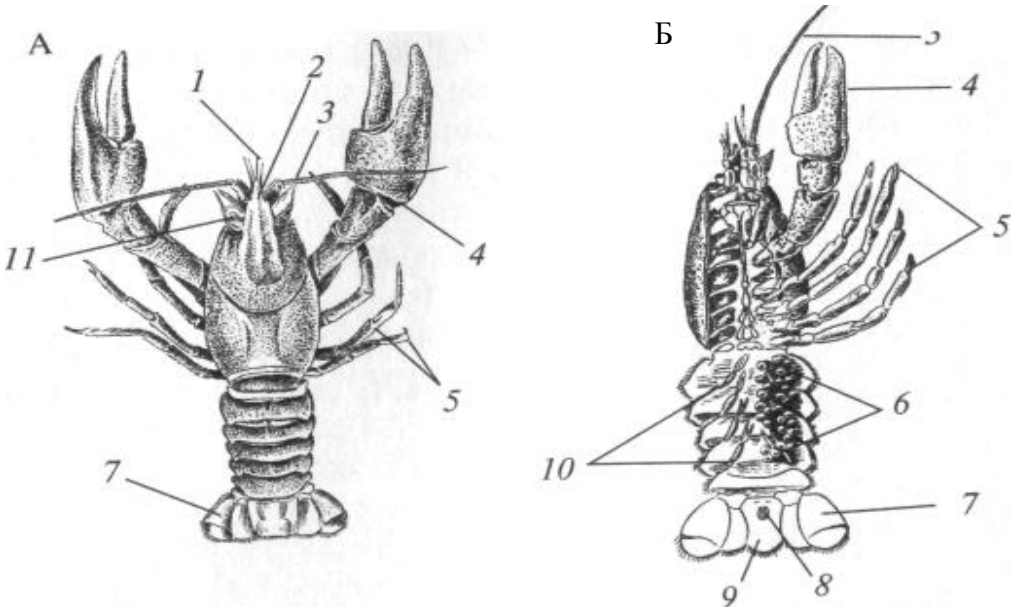


Рис. 1. Внешний вид речного рака со спинной (А) и с брюшной стороны (Б):
1 − антеннулы; 2 − рострум; 3 −антенны; 4 −клешня первой пары ходильных ног; 5 − ходильные ноги; б − развивающиеся яйца; 7 − шестая пара брюшных ножек (плавательные пластинки); 8 −анальное отверстие; 9 − тельсон брюшные ножки; 11 − глаз

Таблица 1

Характеристика Речного рака

Признаки	Их особенности
Среда обитания ракообразных	
Отделы тела	
Пищеварительная система	
Пища	
Дыхательная система	
Кровеносная система	
Нервная система	
Выделительная система	
Половая система	

Класс Паукообразные ARACHNIDA

Выучить **классификацию Паукообразных**

Подтип Хелицеровые CHELICERATA

Класс Меченосцы MEROSTOMATA

Класс Паукообразные ARACHNIDA

Отряд Пауки ARANEA

Отряд Скорпионы SCORPIONES

Отряд Сенокосцы OPILIONES

Отряд Клещи ACARINA

Задание 3.Изучите внешнее и внутреннее строение паука. Рисунок 2 и заполните таблицу 2(пользуясь конспектами лекций и учебником).

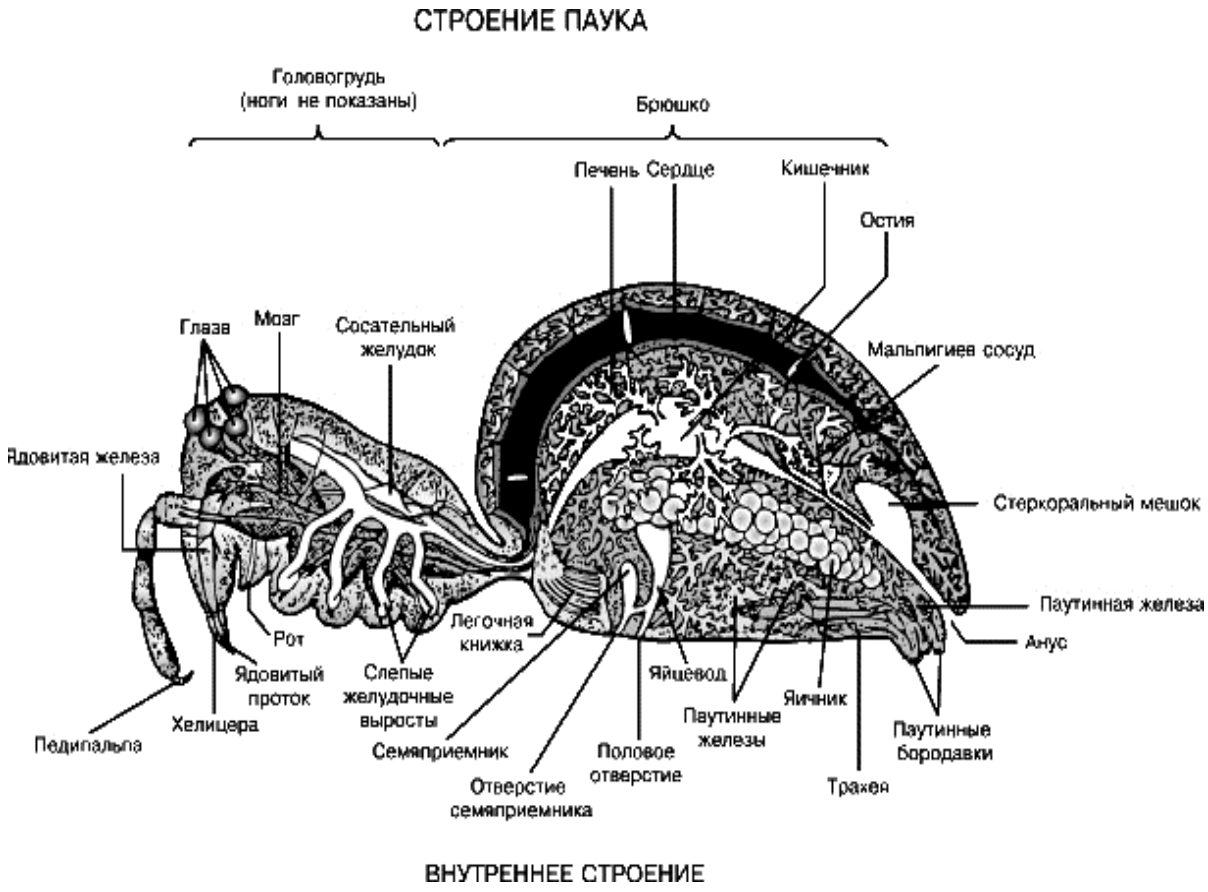


Рис. 2. Внешнее и внутреннее строение паука

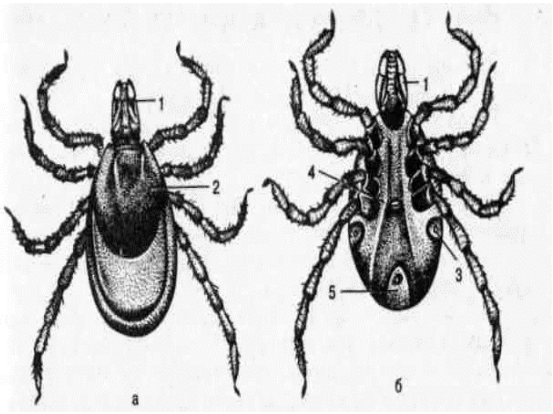
Таблица 2

Характеристика Паукообразных

Признаки	Их особенности
Среда обитания паукообразных	
Основные отряды, количество видов	
Отделы тела	
Пищеварительная система	
Пища	
Дыхательная система	
Кровеносная система	
Нервная система	
Выделительная система	
Половая система	

Задание 4. **Изучить внешнее строение и стадии развития Таежного клеща** п/тип Chelicerata класс Arachnoidea вид −Ixodes Persulcatus

Иксодовые клещи играют существенную роль в распространении бешенства, энцефалита, бруцеллеза, туляремии, спирохетозов, лихорадки Ку и др. − специфический переносчик и резервуар таежного энцефалита.



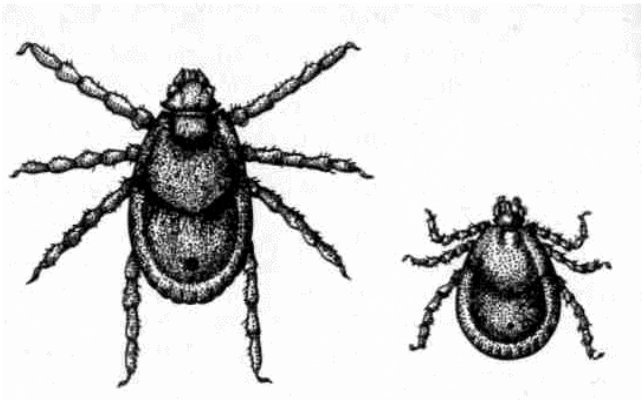


Рис. 3. Таежный клещ самка:

а)вид со спины; б)вид с брюшка; в) нимфа; г) личинка

На рисунке а) и б) обозначить:

1._____ 2._____

3._____4._____5._____

Сколько ходильных ног имеет: личинка _____, нимфа _____, имаго _____.

Задание 5. Изучить классификацию класса Насекомые.

Классификация Подтипа Трахейные (Tracheata)

Надкласс Многоножки (Myriapoda)

Надкласс Шестиногие (Hexapoda)

Класс Скрыточелюстные насекомые (Insecta-Entognatha)

Класс открыточелюстные насекомые (Insecta-Ectognatha)

Отряд Стрекозы (Odonata) − коромысло, лютки, красавки, стрелки

Отряд Таракановые (Blattoptera)

Отряд Термиты (Isoptera)

Отряд Прямокрылые (Orthoptera) – саранча, кузнечик, медведки

Отряд Равнокрылые (Homoptera) − тли, цикады, листоблошки, червецы

Отряд Полужесткокрылые Клопы (Heteroptera) − водомерки, гладыши, клоп-солдатик

Отряд Жесткокрылые, или Жуки (Coleoptera) –жужелица, плавунцы, усачи, щелкун

Отряд Сетчатокрылые (Neuroptera) − муравьиный лев, златоглазка

Отряд Чешуекрылые, или Бабочки (Lepidoptera)

Отряд Перепончатокрылые (Hymenoptera) − муравьи, пчелы, осы, пилильщики

Отряд Двукрылые, или Мухи (Diptera) – комар, слепень, журчалки, оводы.

Задание 6. Заполнить таблицу 3.

Таблица 3

Характеристика Насекомых

Признаки	**Их особенности**
Среда обитания Насекомых	
Количество видов	
Основные отряды,	
Отделы тела	
Пищеварительная система	
Пища	
Дыхательная система	
Кровеносная система	
Нервная система	
Выделительная система	
Половая система	

Задание 7. Используя учебники, пособия, конспекты, заполнить таблицу 3.

Таблица 3

Сравнительная характеристика классов типа Членистоногие (Arthropoda)

ПРИЗНАКИ	**Класс** Crustacea – Ракообразные	**Класс** Arachnoidea – Паукообразные	**Класс** INSECTA – Насекомые
Среда обитания			
Головогрудь (границы обособлены)			
Антенны			
Глаза			
Число ног			
Органы газообмена			
Жизненный цикл			
Экологическое значение			

Контрольные вопросы

Раздел «Ракообразные»

1. На какие отделы расчленено тело ракообразных?_____
_____

2. Какие функции выполняют конечности, расположенные на головогруди?_____

3. Какие функции выполняют конечности, расположенные на брюшке?____
_____

4. Какие особенности имеются у кутикулы ракообразных?_____
_____

5. Как происходит газообмен у ракообразных?_____
_____

6. Какие органы чувств имеют ракообразные?_____
_____

7. Как происходит размножение ракообразных?_____
_____

8. На какие подклассы и отряды делится класс Ракообразных? _____

9. Какими морфологическими признаками характеризуются представители отрядов высших раков?_____

Раздел «Паукообразные»

1. На какие подклассы и отряды делится класс паукообразных?_____

2. Какими морфологическими признаками характеризуются представители отрядов паукообразных?_____

3. Какие особенности имеются у кутикулы паукообразных?_____
_____

4. Что такое паутинные бородавки? Каковы их строение и функции? _____

5. Как происходит газообмен у паукообразных?_____

_____

6. Как происходит размножение пауков?_____

_____

7. Какие органы чувств имеют пауки?_____

_____

8. Какое экологическое значение имеют клещи:

а) природный резервуар, б) переносчик возбудителя заболевания, в) возбудители заболеваний, г) промежуточный хозяин, д) окончательный хозяин?

9. Какие заболевания переносит поселковый клещ:

а) таежный энцефалит, б) туляремию, в)возвратный тиф, г)сыпной тиф, д) лейшманиоз?

10. Где обитает поселковый клещ:

а) тайга, б) степь, в) глинобитные дома, г) пещеры, д) парки?

11. У большинства кровососущих, особенно пиявок и клещей, кровь при кровососании без особых усилий паразита поступает в кишечник. Более того, кровь находится в желудке, не портясь и не свертываясь, длительное время (у пиявок год − полтора). Какие адаптивные признаки обеспечивают данный процесс? _____

Выполнить тесты. Раздел «Насекомые»

Тест 1. Для внешнего строения насекомых характерны следующие особенности:

1. Тело состоит из трех отделов: головы, груди и брюшка.
2. Тело состоит из двух отделов: головогруди и брюшка, или же все отделы слиты воедино.
3. Насекомые имеют четыре пары ног.
4. Насекомые имеют три пары ног.
5. Усиков нет.
6. Усиков одна пара.

7. Усиков две пары.
8. Глаза только простые.
9. Глаза могут быть и сложными, и простыми.
10. Грудь состоит из трех сегментов.
11. Грудь состоит из пяти сегментов.

Тест 2. Для внутреннего строения насекомых характерны следующие особенности:

1. Полость тела вторичная (целом).
2. Полость тела смешанная (миксоцель).
3. Дыхание осуществляется легкими и трахеями.
4. Дыхание осуществляется только трахеями.
5. Кровеносная система незамкнутая.
6. Кровеносная система замкнутая.
7. Сердце находится в груди.
8. Сердце расположено в брюшке.
9. Выделительная система представлена анальным отверстием.
10. Выделительная система представлена мальпигиевыми сосудами, открывающимися наружу.
11. Выделительная система представлена мальпигиевыми сосудами, открывающимися в кишечник.
12. Нервная система представлена окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой. Надглоточный узел преобразован в головной мозг.
13. Нервная система диффузно-узлового типа.

Тест 3. У насекомых крылья находятся:

1. На двух передних сегментах груди.
2. На двух последних сегментах груди.
3. На первом и третьем сегментах груди.
4. На первых двух сегментах брюшка.

Тест 4. Ротовой аппарат у таракана:

1. Колюще-сосущий.

2. Грызуще-лижущий.
3. Грызущий.
4. Сосущий.

Тест 5. Органы зрения черного таракана представлены:

1. Двумя сложными фасеточными глазами.
2. Двумя сложными и тремя простыми глазами.
3. Двумя простыми глазами.
4. Восемью простыми глазами.

Тест 6. Для кровеносной системы насекомых характерно следующее:

1. Гемолимфа транспортирует кислород.
2. Гемолимфа транспортирует питательные вещества.
3. Гемолимфа транспортирует продукты обмена.
4. Кровеносная система замкнутая.
5. Гемолимфа из сердца течет в переднюю и заднюю части тела.
6. Гемолимфа из сердца течет только в переднюю часть тела.
7. Сердце расположено в нижней части брюшка.

Тест 7. Органами дыхания насекомых являются:

1. Трахеи.
2. Жабры и легкие.
3. Трахеи и жабры.
4. Легкие и трахеи.

ЗАНЯТИЕ №7. **ТИП МОЛЛЮСКИ**

*Цель занятия.*1) Ознакомиться с основными классами типа Моллюски. 2) Значение и экология моллюсков.

Задания для самоподготовки. 1) Тип Моллюски. 2) Морфофизиологическая характеристика типа, классов и представителей моллюсков. 3) Разнообразие и практическое значение моллюсков.

Задание 1. Заполнить таблицу 1 (пользуясь конспектами лекций и учебниками).

Таблица 1

Общая характеристика Моллюсков

Признаки Mollusca	**Их особенности**
Среда обитания Моллюсков	
Количество видов	
Основные отряды,	
Отделы тела	
Пищеварительная система **Пища**	
Дыхательная система	
Кровеносная система	
Нервная система	
Выделительная система	
Половая система	
Происхождение	

Задание 2. Рассмотреть и изучить Класс Брюхоногие и Класс Двустворчатые.

Класс Брюхоногие GASTROPODA. Рассмотрите живых брюхоногих моллюсков (обыкновенного прудовика *Lymnaea stagnalis* или виноградную улитку *Helix potatia*). Изучите внешнее строение моллюска. Легко различить три части тела. Обратите внимание на переднюю пару щупалец (она меньше задней), на ней находятся глаза. На нижней стороне головы найдите ротовое отверстие. Рассмотрите спирально закрученную раковину, скрывающую внутренностный мешок. Над выступающим из раковины телом поднимается в виде валика край мантии. Под краем мантии расположено дыхательное отверстие.

Поместите моллюска на стеклянную пластинку, понаблюдайте за его движением, прикоснитесь осторожно к щупальцам. Проследите за реакцией, моллюск сжимается и втягивает щупальца.

При наличии в аквариуме прудовиков рассмотрите, как они питаются, соскабливая мягкие части водных растений, водоросли со стенок аквариума. Обратите внимание на дыхание прудовика, когда он поднимется к поверхности воды, как открывается дыхательное отверстие. Изучите раковины брюхоногих моллюсков (лужанку, прудовиков, катушек, морских брюхоногих разных видов).

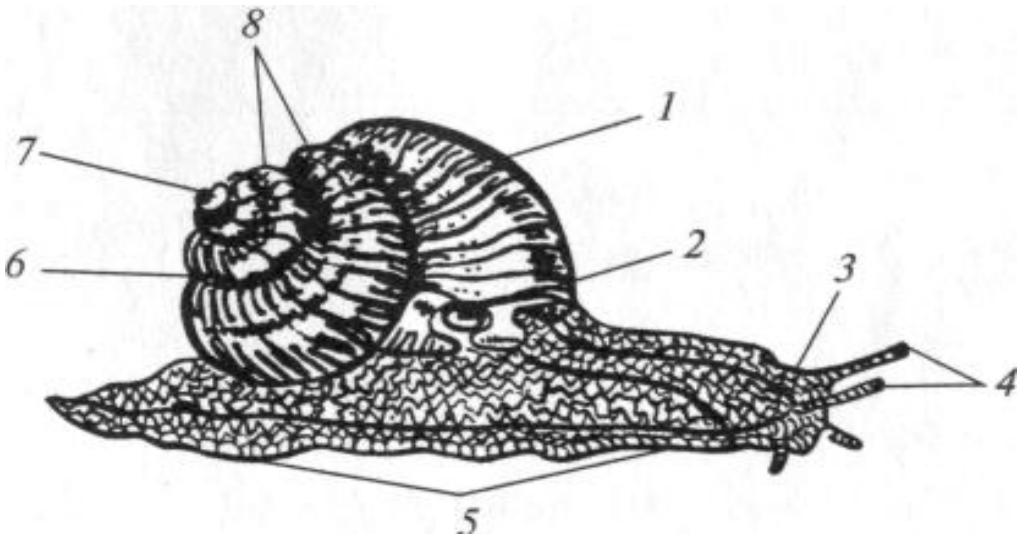


Рис. 1. Виноградная улитка

Класс Двустворчатые BIVALVIA. Сем. Перловицы. Unionidae

Беззубка обыкновенная Anodonta cygnaea.

Возьмите из аквариума беззубку *Anodonta cygnaea* или перловицу *Unio pictorum* и пересадите в стакан с водой таким образом, чтобы задний (более узкий) конец моллюска был обращен вверх.

Обратите внимание на обе чуть раскрытые створки. В образовавшейся щели видны два отверстия мантии. Отверстие, расположенное ближе к замку раковины, – клоакальное, через него из жаберной полости выводится отработанная вода вместе с фекалиями. Второе большое отверстие, расположенное под клоакальным, – дыхательное; служит для притока свежей воды. Поместив моллюска снова в аквариум, понаблюдайте, как он зарывается в песок своим передним (более широким) концом, как может передвигаться при мощи мускулистой ноги.

Дальнейшее изучение продолжить на фиксированной беззубке. Рассмотрите форму раковины. Ее створки соединяются на спинной стороне, противоположная

ей сторона — брюшная. Найти передний и задний концы тела. На темной наружной поверхнсти раковины можно увидеть значительное число расположенных параллельно краю концентрических линий – полосы нарастания Выпуклую часть раковины, приближающуюся к переднему к концу, называют вершиной.

Личинка беззубки (глохидии) прикрепляется к коже рыб с помощью (зубчиков на раковине и биссусовой нити), что способствует расселению беззубок.

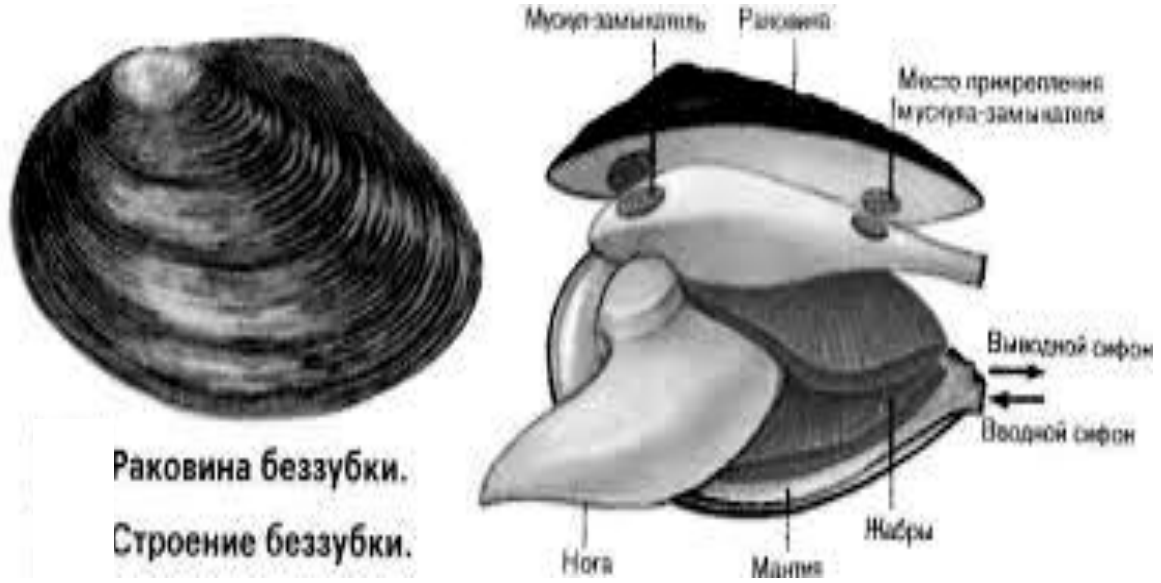


Рис. 2. Внешнее и внутреннее строение Беззубки обыкновенной

Для того чтобы познакомиться с внутренним строением моллюска, необходимо открыть створки раковины. Скальпелем сделайте неглубокий разрез между створками раковины с переднего и заднего концов. Затем медленно разогните обе створки. Моллюска с раскрытой раковиной положите в ванночку на правую створку, залейте водой и рассмотрите. Тонкая полупрозрачная мантия, состоящая из двух симметричных боковых складок, смыкающихся на брюшной стороне, охватывает все тело моллюска. При помощи пинцета отодвиньте свободный край мантии и следуйте мантийную полость – пространство между телом и внутренней поверхностью мантии. Нога, мускулистый орган, имеет форму топора. Нижняя часть ноги твердая, мускулистая, а верхняя – мягкая, паренхиматозная, здесь располагаются внутренние органы (половая железа, петли кишечника). На переднем конце с каждой стороны найдите две треугольные кожаные

пасти, которые окружают ротовое отверстие. Сзади и спереди от тела видны оба перерезанных поперек замыкательных мускула. За задним мускулом-замыкателем находится анальное отверстие. Ниже расположены сосочки жаберного отверстия. В мантийной полости изучите жабры беззубки. Они представлены двумя жаберными пластинками с решетчатой структурой.

При соединении задних концов мантии образуются щели: нижняя − *жаберный сифон* (вводной); верхняя − *клоакальный сифон* (выводной).

На готовом препарате продольного среза тела моллюска рассмотрите расположение внутренних органов.

Задание 3. Заполнить таблицу 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика Класс Брюхоногие Dastropoda и Класс Двустворчатые Bivalvia

Признаки	Брюхоногие	Двустворчатые
Среда обитания		
Представители		
Отделы тела		
Симметрия тела		
Пищеварительная система		
Дыхательная система		
Кровеносная система		
Нервная система		
Выделительная система		
Половая система **Размножение** **Развитие**		

Контрольные вопросы

1. На какие три основных отдела подразделяют тело большинства моллюсков?
2. Какова симметрия тела моллюсков?
3. Как называется складка кожи, полностью или частично покрывающая тело моллюсков снаружи?

4. Из каких слоев состоит раковина моллюсков?
5. Чем представлена вторичная полость у моллюсков?
6. Какая железа характерна для пищеварительной системы моллюсков?
7. Можно ли утверждать, что кровеносная система у моллюсков замкнутого типа?
8. Сколько камер в сердце у прудовика?
9. Сколько камер в сердце у беззубки?
10. Какая кровь попадает в сердце моллюсков?
11. Чем представлены органы дыхания большого прудовика?
12. Чем представлены органы дыхания беззубки?
13. Чем представлены органы выделения прудовика?
14. Чем представлены органы выделения беззубки?
15. Какой тип нервной системы у моллюсков?
16. Можно ли утверждать, что большой прудовик гермафродит?
17. Можно ли утверждать, что беззубка гермафродит?
18. Какое развитие у большого прудовика?
19. Какое развитие у беззубки?
20. От какой группы животных произошли моллюски?

ЗАНЯТИЕ №8. **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА ХОРДОВЫЕ. ПОДТИП БЕСЧЕРЕПНЫЕ – ЛАНЦЕТНИК**

Цель занятия. 1) Уметь выявлять характерные признаки типа Хордовых. 2) На основе знаний о строении и жизненном цикле ланцетника давать сравнительную характеристику класса Бесчерепных.

Задания для самоподготовки: а) общие признаки хордовых животных; б) строение низших хордовых на примере ланцетника.

Задание 1. Общая характеристика типа Хордовые. Ответить на вопросы:

1. Сколько видов современных хордовых животных известно науке? _____
2. Чем представлен скелет хордовых?_____

3. Где расположена центральная нервная система хордовых? _____

4. Какое строение имеет центральная нервная система? _____

5. Что характерно для глотки хордовых животных?_____

6. Что характерно для кровеносной системы хордовых? _____

7. Где расположено сердце хордовых? _____

8. В каком направлении движется кровь по брюшному сосуду? _____

9. Почему хордовые относятся к вторичноротым животным? _____

Тест 1. Для представителей типа Хордовые характерны следующие особенности:

1. Двусторонняя симметрия тела.
2. Радиальная симметрия тела.
3. Внутренний осевой скелет – хорда, которая может замещаться позвоночником.
4. Центральная нервная система – нервная трубка, из которой могут формироваться головной и спинной мозг.
5. Центральная нервная система – окологлоточное кольцо и брюшная нервная цепочка.
6. Первичноротость.
7. Вторичноротость.
8. Нервная трубка расположена под пищеводом.
9. Глоточный отдел пищеварительной системы пронизан жаберными щелями или в течение всей жизни, или только в эмбриональном периоде.
10. Кровеносная система замкнутая.
11. Кровеносная система незамкнутая.

Задание 2. Рассмотреть схему «Строение Ланцетника» и найти на рисунке (рис. 1.)

Хорда; нервная трубка; ротовая полость; глотка с жаберными щелями; печеночный вырост; кишечник; анальное отверстие; околожаберная полость; отверстие околожаберной полости (атриопор); брюшная аорта; спинная аорта.

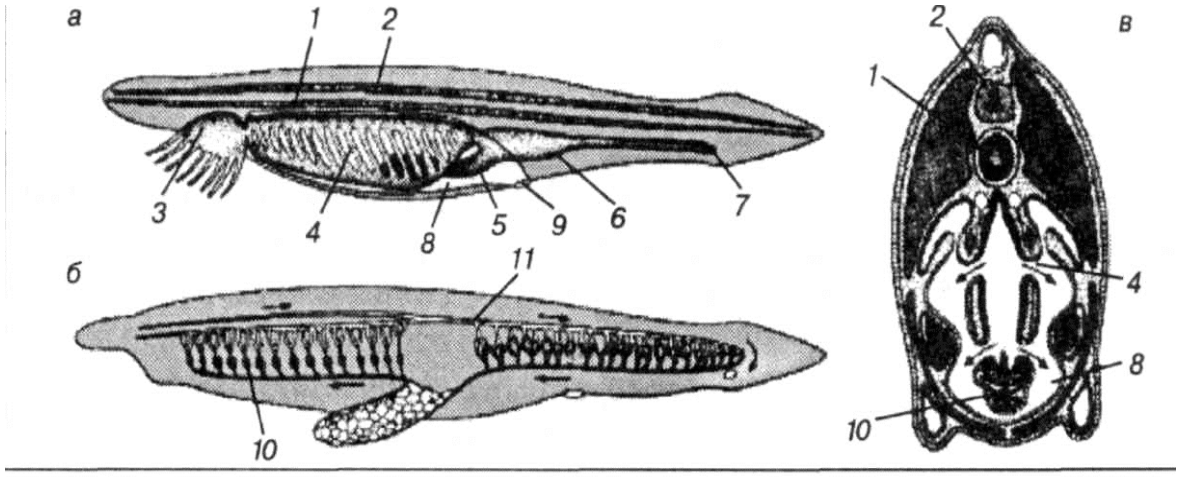


Рис. 1.Строение ланцетника

Ответить на вопросы

Кто впервые описал ланцетника?_____

Какова длина ланцетника? _____

Каково систематическое положение ланцетника? _____

Сколько известно современных видов ланцетников? _____

Где расположена нервная трубка у ланцетника? _____

Имеется ли у ланцетника головной мозг? _____

В каком направлении движется кровь по брюшной и по спинной аортам? _____

Из каких зародышевых листков формируются все системы органов ланцетника?_____

Тест 2. Для ланцетника характерны следующие особенности:

1. Нервная система в виде нервной трубки расположена над хордой.
2. Передняя часть нервной трубки преобразована в головной мозг.
3. Головной мозг отсутствует.

4. Глотка ланцетника, как у всех хордовых, пронизана жаберными щелями, которые открываются в околожаберную полость.

5. Кровеносная система ланцетника считается замкнутой.

6. Есть парные плавники.

7. Парные конечности отсутствуют.

8. Сердце расположено под глоткой.

9. Вместо сердца − брюшной пульсирующий сосуд.

10. Мозговой отдел защищен черепом.

11. Выделительная система ланцетника представлена туловищными почками.

12. Выделительная система представляет собой выделительные трубочки, похожие на выделительные трубочки кольчатых червей.

13. Личинка ланцетника первое время живет (в толще воды).

14. Органы выделения ланцетника метанефридиалъного типа.

Задание 3. Заполнить таблицу 1.

Таблица1

Сравнительная характеристика кольчатых червей и ланцетника

Признаки	**Кольчатые черви**	**Ланцетник**
Скелет		
Тип кровеносной системы		
Наличие сердца		
Направление движения крови		
Органы дыхания		
Органы выделения		
Нервная система		

ЗАНЯТИЕ №9. **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАДКЛАССА РЫБЫ – КЛАСС КОСТНЫЕ РЫБЫ**

Цель занятия. 1) На примере класса костистых рыб изучить характерные признаки подтипа Позвоночные. 2) На основе знаний о строении и среде обитания рыб давать характеристику адаптации представителей надкласса Рыб.

Задания для самоподготовки: а) подробно рассмотреть и изучить систематику хрящевых и костных рыб; б)систематические признаки таксонов, представителей и условия их обитания.

Задание №1. Заполнить таблицу 1.

Таблица1

Сравнительная характеристика рыб

Признаки	Костные рыбы	Хрящевые рыбы
Голова		
Челюсти		
Ноздри		
Глаза		
Жаберные крышки		
Зубы		
Покровы тела		
Парные конечности		
Непарные конечности		
Боковая линия		
Размножение		
Жизненный цикл		
Представители		

Контроль знаний

Тест 1. Голова рыб отличается от передней части тела ланцетника следующими особенностями:

1. Ротовое отверстие используется для питания и дыхания.

2. Глотка с жаберными щелями используется для проглатывания пищи и дыхания.

3. Челюсти нужны для захвата добычи.

4. У большинства рыб на челюстях расположены зубы.

5. Жаберные крышки служат для защиты жабр и прокачивания через них воды.

6. Есть глаза.

7. Есть органы обоняния −парные ноздри.

8. Есть орган слуха − внутреннее ухо.

Тест 2. Туловище рыб отличается от ланцетника следующими особенностями:

1. Покровами служат многослойный эпидермис и чешуя.

2. Есть хвостовой плавник.

3. Есть спинной плавник.

4. Есть грудные плавники.

5. Есть брюшные плавники.

6. Появление особого органа − боковой линии.

7. Наличие защитных окрасок.

Задание 2. Рассмотреть рисунок 1. Обозначить на рисунке внешние органы и части тела рыбы.

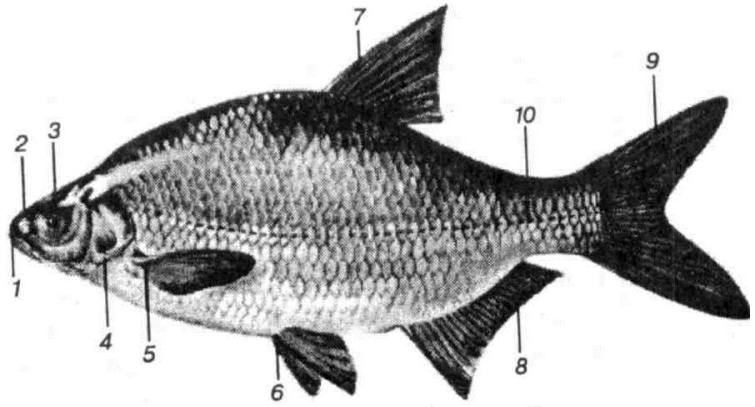


Рис. 1. Внешнее строение костистой рыбы – леща

Чем покрыто тело рыб? _____

Назовите парные плавники рыб. _____

Перечислите непарные плавники рыб._____

Какой орган позволяет рыбе чувствовать направление и силу тока воды?

_____

Какие три отверстия находятся позади брюшных плавников?_____

_____

Задание 3. Обозначить на рисунке (рис. 1.) кости скелета костистой рыбы.

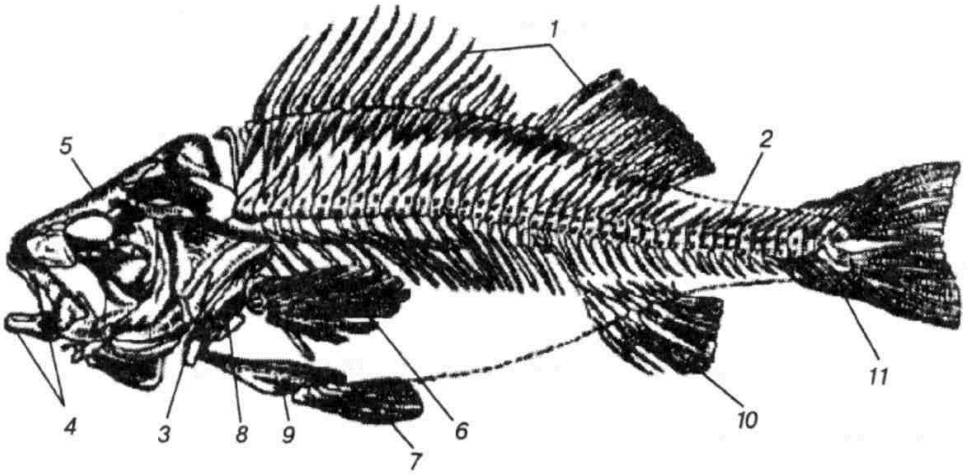


Рис. 2. Скелет костистых рыб:

1 − костные лучи спинных плавников; 2 − позвоночник; 3 − жаберные крышки; 4 − челюсти; 5 − мозговой отдел черепа; 6 − костные лучи грудных плавников; 7 −костные лучи брюшных плавников; 8 − грудной пояс (парные лопатки и парные коракоиды.); 9 − брюшной пояс (одна косточка); 10 − косточки анального плавника; 11 − косточки хвостового плавника

Контроль знаний

Какие отделы составляют основу внутреннего скелета окуня?

_____

Из каких отделов состоит скелет головы?

_____

Из каких отделов состоит скелет позвоночника?_____

Какие косточки образуют грудной пояс конечностей?

_____

Чем представлен брюшной пояс конечностей?

_____

Чем образован жаберный аппарат? _____

Что является скелетной опорой жаберного аппарата?_____

Какую функцию выполняют жаберные лепестки? _____

Чем обусловлено движение воды между жаберными лепестками?

_____

Сколько пар жаберных дуг у костных рыб? _____

Задание 4. Обозначить на рисунке 3 внутренние органы рыбы (окуня).

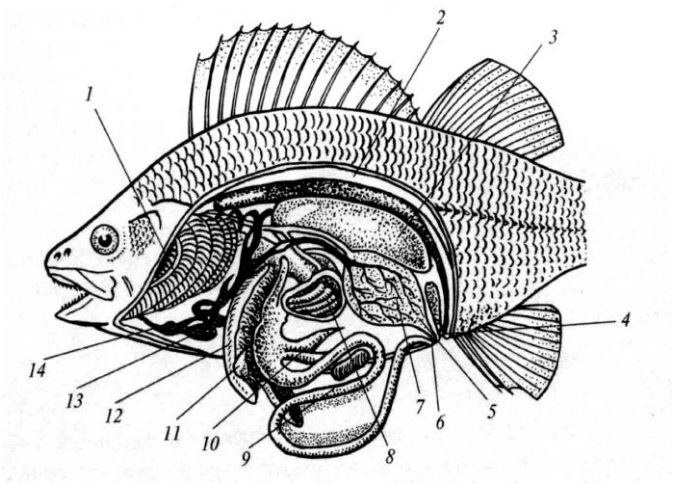


Рис. 3. Анатомия костистой рыбы (окуня)

Контроль знаний

Где скапливается желчь? _____

Из чего образуется плавательный пузырь?_____

Какова функция плавательного пузыря?_____

Как называются сосуды, по которым кровь течет от сердца?

_____

Как называются сосуды, несущие кровь к сердцу?

_____

Сколько камер в сердце рыб?_____ Как они называются?

_____

Какие отделы различают в головном мозге рыб?__ _____

_____

Чем представлены органы выделения рыб? _____

ЗАНЯТИЕ №10. **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССА АМФИБИИ ИЛИ ЗЕМНОВОДНЫЕ**

Цель занятия. 1) Изучить характерные признаки класса Амфибии подтипа Позвоночные. 2) На основе знаний о строении и среде обитания лягушки давать характеристику адаптации представителей класса Амфибий.

Задания для самоподготовки: а) морфо-функциональные особенности строения земноводных; б) биоразнообразие класса Амфибии.

Задание 1. Рассмотреть и обозначить (рис. 1, 2) внешние части тела и внутренние органы лягушки и ответить на вопросы.

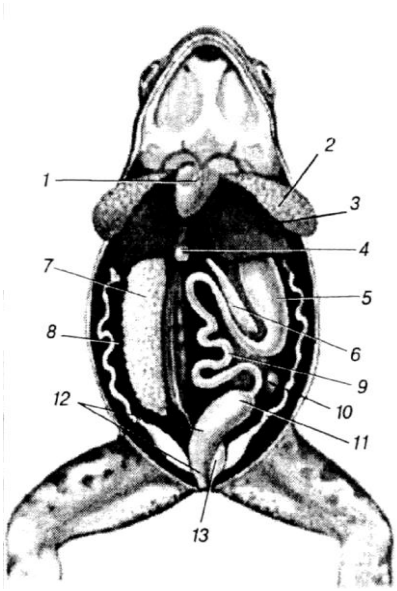


Рис. 1. Внутреннее строение лягушки

Рис. 2. Внешнее строение лягушки

Какие отделы различают в теле лягушки?_____

Чем отличаются глаза лягушки от глаз рыб?_____

Чем отличается наружная часть органа слуха?

_____

Какие особенности строения конечностей у амфибий ?_____

Какие функции выполняют конечности у лягушки?_____

Задание. 2. Изучить по рисунку 3 строение скелета лягушки. Ответить на вопросы:

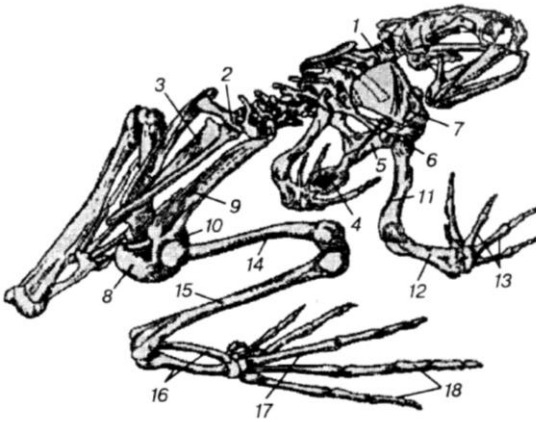


Рис. 3. Скелет лягушки:

1 − шейный позвонок; 2 − крестцовый позвонок; 3 − хвостовая кость (уростиль); 4 − грудина; 5 − вороньи кости; б − ключицы; 7 − лопатки; 8 −седалищные кости таза; 9 — подвздошные кости таза; 10 − лобковые кости таза; 11 − плечевая кость; 12 − кости предплечья; 13 − кости кисти; 14 — бедренная кость; 15 — кости голени; 16 − кости предплюсны; 17 − кости плюсны; 18 — фаланги пальцев

1. Какие новые отделы позвоночника появились у земноводных по сравнению с рыбами? _____

2. Сколько позвонков в шейном и крестцовом отделах позвоночника лягушки? _____

3. Сколько позвонков в туловищном отделе позвоночника лягушки? _____

4. Какие кости образуют переднюю конечность лягушки?_____ _____

5. Какие кости образуют заднюю конечность лягушки? _____

6. Какие кости образуют плечевой пояс? _____ _____

Какие кости образуют тазовый пояс? _____ _____

Задание 3. Заполнить таблицу 1 .

Таблица 1

Внутреннее строение земноводных

Системы органов	**Составляющие их органы**	**Особенности**
Пищеварительная		
Дыхательная		
Кровеносная		
Выделительная		
Нервная		
Кожа		

Контроль знаний

Тест 1. Каковы особенности пищеварительной системы лягушки?

а. В глоточном отделе у взрослых лягушек 5 пар жаберных щелей.

б. У взрослых лягушек жаберные щели в глоточном отделе отсутствуют.

в. В желудок открываются протоки поджелудочной железы и печени.

г. Протоки печени и поджелудочной железы открываются в двенадцатиперстную кишку, в первый отдел тонкого кишечника.

д. В толстом кишечнике накапливаются непереваренные остатки пищи.

е. Толстый кишечник заканчивается анальным отверстием.

ж. Толстый кишечник открывается в клоаку.

з. В клоаку открываются пищеварительная, выделительная и половая системы.

Тест 2. Каковы особенности дыхательной системы лягушки?

а. Органы дыхания − парные мешковидные легкие с тонкими ячеистыми стенками.

б. Вдох и выдох происходят за счет изменения объема грудной клетки.

в. Дыхание происходит за счет опускания и подъема дна ротовой полости.

г. Дыхание осуществляется не только с помощью легких, но и с помощью кожи.

Тест 3. Каковы особенности кровеносной системы лягушки?

а. Артериальная и венозная кровь в сердце не смешиваются.

б. В желудочке сердца земноводных есть неполная перегородка, препятствующая смешиванию венозной и артериальной крови.

в. Кровь в желудочке сердца смешивается.

г. Сердце двухкамерное, состоит из предсердия и желудочка.

д. Сердце трехкамерное, состоит из двух предсердий и желудочка

е. В правое предсердие поступает артериальная кровь.

ж. В левое предсердие поступает артериальная кровь

з. Все органы тела снабжаются артериальной кровью.

и. Внутренние органы снабжаются смешанной кровью

к. Наиболее насыщенная кислородом кровь поступает в головной мозг.

л. Обмен веществ амфибий не достаточно интенсивен для поддержания постоянной температуры тела.

Тест 4. Каковы особенности нервной системы лягушки?

м. Нервная система подразделяется на центральную и периферическую.

н. Центральная нервная система представлена головным и спинным мозгом.

о. Центральная нервная система представлена головным мозгом.

п. Передний мозг имеет большие размеры, чем у рыб.

р. Головной мозг лягушки состоит из тех же отделов, что и у рыб.

с. Передний мозг разделен на два полушария.

т. Мозжечок земноводных развит лучше, чем у рыб.

1. Какое оплодотворение у лягушки?_____
2. Сколько кругов кровообращения у головастика? _____
3. Сколько камер в сердце у головастика? _____
4. Чем представлены органы дыхания головастика?_____
5. Чем питается головастик? _____
6. Какая пара конечностей появляется у головастика первой? _____
7. В каком возрасте начинают размножаться лягушки? _____

ЗАНЯТИЕ №11. **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССА РЕПТИЛИИ**

Цель занятия. 1) Изучить характерные признаки класса Рептилии подтипа Позвоночные. 2) На основе знаний о строении и среде обитания ящерицы прыткой давать характеристику адаптации представителей класса Рептилии.

Задания для самоподготовки: а) морфо-функциональные особенности строения пресмыкающихся; б) изучить систематические признаки таксонов и биоразнообразие класса Рептилии.

Задание 1. Рассмотреть рисунок 1 . Обозначить части тела и внешние органы. Ответить на вопросы.

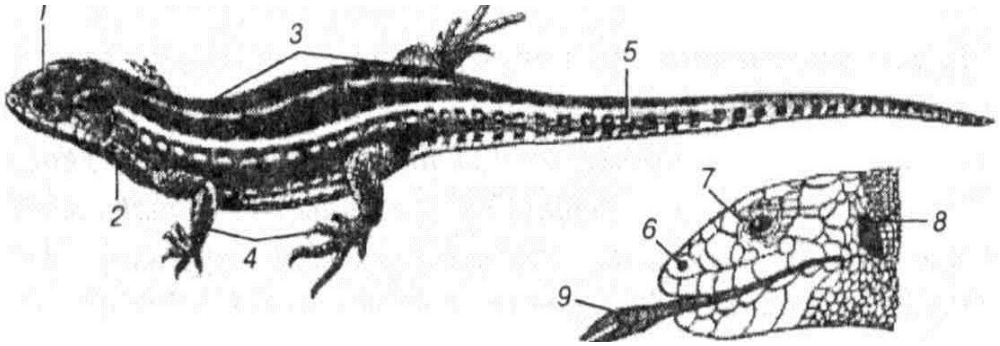


Рис. 1. Внешнее строение пресмыкающихся (ящерица прыткая)

1. Какие отделы различают в теле пресмыкающегося?_____
2. Чем покрыто тело ящерицы снаружи?_____
3. Какая чешуя у пресмыкающихся? _____
4. Где расположены конечности у пресмыкающихся? _____
5. Какие органы чувств расположены на голове ящерицы? _____

Задание 2. Изучить по рисунку 2 особенности строения скелета пресмыкающихся. Ответить на вопросы.

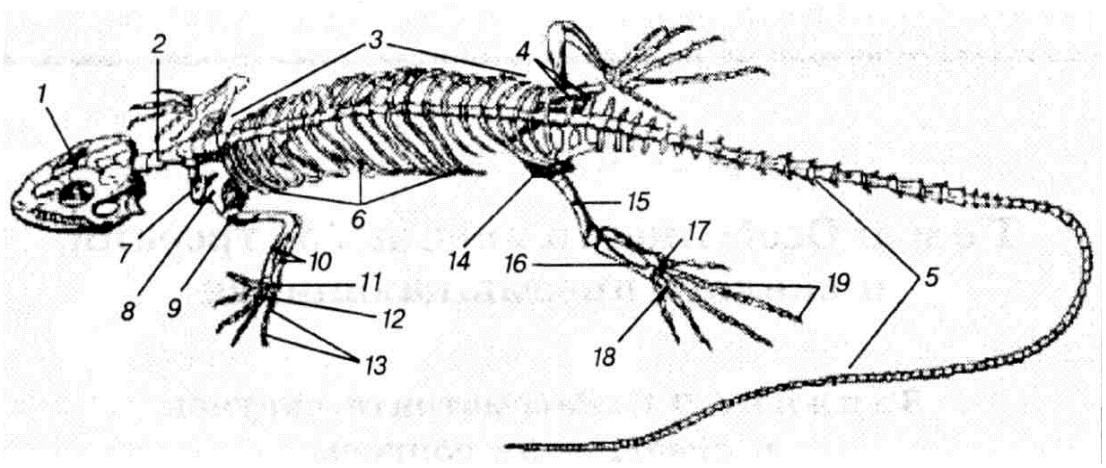


Рис. 2. Скелет ящерицы:

1 −череп; 2 − шейный отдел позвоночника; 3 — туловищный отдел позвоночника; 4 − крестцовый отдел позвоночника; 5 − хвостовой отдел позвоночника; 6 − ребра; 7 − ключицы; 8 − лопатки; 9 − плечевая кость; 10 − кости предплечья (локтевая и лучевая); 11 − запястье; 12 − пясть; 13 − фаланги пальцев; 14 − тазовый пояс; 15 − бедренная кость; 16 − кости голени (большая и малая берцовые); 17 − предплюсна; 18 − плюсна; 19 − фаланги пальцев

1. Из каких отделов состоит скелет позвоночника?_____

_____

2. Чем образована грудная клетка? _____

_____

3. Сколько крестцовых позвонков у ящерицы? _____

_____

4. У каких пресмыкающихся конечности отсутствуют конечности?_____

_____

Задание 3. Заполнить таблицу 1, используя данные учебника и лекций.

Таблица 1

Внутреннее строение рептилий – ящерицы

Системы органов	**Органы, входящие в их состав**	**Особенности строения**
Покровы – кожа		
Пищеварительная		
Дыхательная		
Кровеносная		
Нервная		
Органы чувств		
Выделительная		
Репродуктивная		

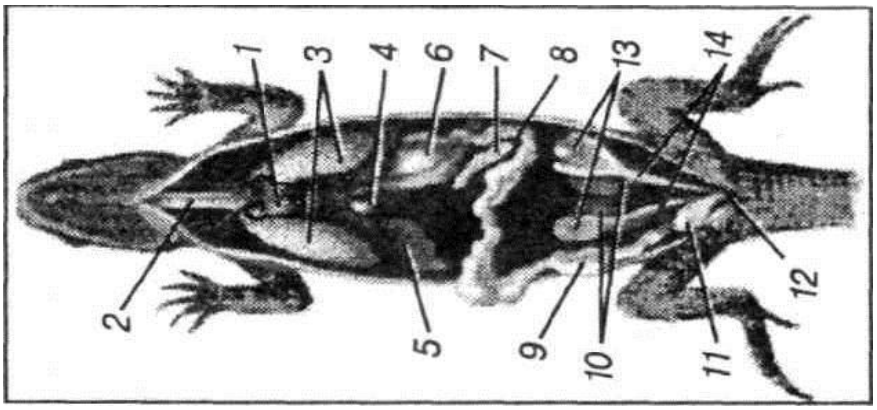


Рис. 3. Внутреннее строение ящерицы прыткой:

1 – сердце; 2 – трахея; 3 – легкие; 4 – желчный пузырь; 5 – печень; 6 – желудок; 7 – поджелудочная железа; 8 – тонкий кишечник; 9 – толстый кишечник; 10 – почки; 11 – мочевой пузырь; 12 – клоакальное отверстие; 13 – семенники; 14 – семяпроводы

Задание 4. Рассмотрите внутреннее строение ящерицы прыткой (рис. 3). Ответить на вопросы.

Тест 1. Особенностями пищеварительной системы пресмыкающихся являются:

а. Наличие на челюстях зубов.

б. Наличие зубов только на верхней челюсти.

в. Протоки поджелудочной железы и печени открываются в желудок.

г. Протоки печени и поджелудочной железы открываются в первый отдел тонкого кишечника.

д. Толстый кишечник заканчивается прямой кишкой и анальным отверстием.

е. Толстый кишечник открывается в клоаку, клоака заканчивается клоакальным отверстием.

ж. В клоаку открываются пищеварительная, выделительная и половая системы.

Тест 2. Особенностями дыхательной системы пресмыкающихся являются:

а. Ноздри, ведущие в слепо замкнутые обонятельные мешки.

б. Сквозные носовые полости, пропускающие воздух в ротовую полость.

в. Отсутствие трахей и бронхов.

г. Органы дыхания представлены парными мешковидными легкими.

д. Появление трахеи и бронхов, удлинение дыхательных путей.

е. Увеличение внутренней поверхности легких за счет большого количества складок на их внутренней поверхности.

ж. Осуществление вдоха и выдоха за счет изменения объема грудной клетки.

з. Осуществление дыхания за счет опускания и подъема дна ротовой полости.

и. Осуществление дыхания не только с помощью легких, но и с помощью кожи.

Тест 3. Особенностями кровеносной системы пресмыкающихся являются:

а. Трехкамерное сердце, состоящее из двух предсердий и желудочка.

б. Трехкамерное сердце с неполной перегородкой в желудочке.

в. Малый (легочный) круг кровообращения заканчивается в правом предсердии.

г. Большой круг кровообращения заканчивается в левом предсердии.

д. От желудочка отходят два сосуда − правая дуга аорты и легочная артерия.

е. От желудочка отходят два сосуда − левая дуга аорты и легочная артерия.

ж. От желудочка отходят правая и левая дуги аорты и легочная артерия.

з. По легочной артерии течет артериальная кровь.

и. Все органы тела снабжаются артериальной кровью.

к. Внутренние органы снабжаются смешанной кровью.

л. Наиболее насыщенная кислородом кровь поступает в головной мозг.

м. Обмен веществ пресмыкающихся недостаточно высок для поддержания постоянной температуры тела.

ЗАНЯТИЕ №12. **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАССА ПТИЦЫ**

Цель занятия. *1)* Изучить характерные признаки класса Птиц подтипа Позвоночные. 2) На основе знаний о строении и среде обитания птиц, давать характеристику адаптации представителей класса Птиц.

Задания для самоподготовки: а) морфо-функциональные особенности внешнего и внутреннего строения птиц; б) изучить систематические признаки таксонов и биоразнообразие класса; в) уметь выявлять адаптивные признаки птиц в связи с особенностями среды обитания и образа жизни.

Задание 1. Рассмотреть рисунок 1. Изучить особенности внешнего строения птиц на примере вороны. Охарактеризовать адаптивные особенности внешнего строения птиц:

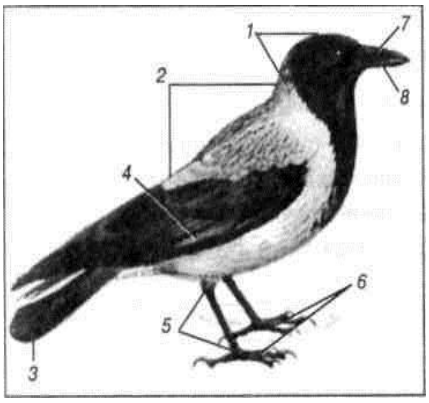


Рис. 1. Класс птицы. Внешний вид Вороны

а. Какие органы чувств находятся на голове птицы? _____

_____

б. Какие отделы различают в теле птицы?_____

_____

в. Какие особенности характерны для кожи птицы? _____

_____

г. Какие виды контурных перьев имеют птицы? _____

_____

д. Как часто птицы линяют?_____

_____

Задание 2. Рассмотреть рисунок 2, изучить особенности строения скелета птиц. Ответить на вопросы.

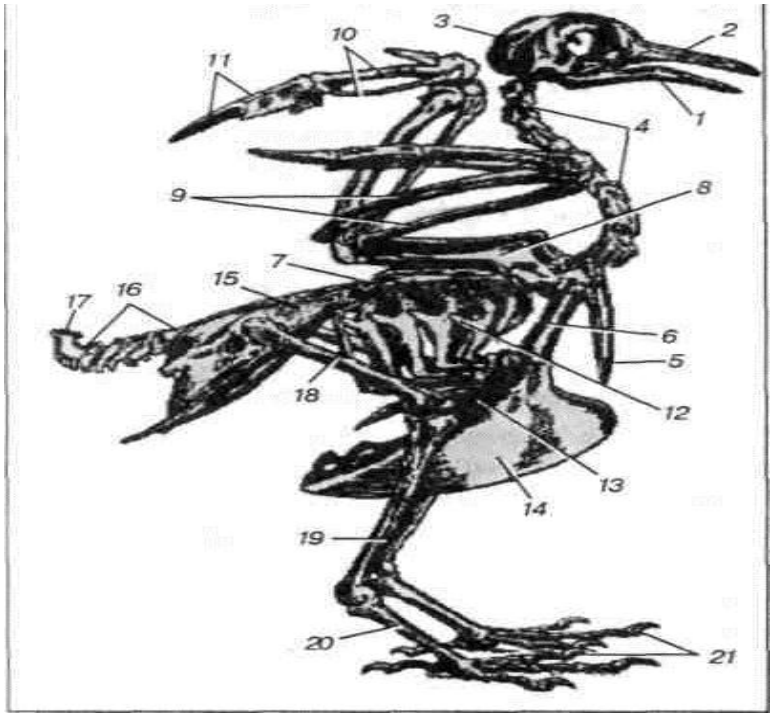


Рис. 2. Скелет голубя:

1− подклювье; 2 − надклювье; 3 − мозговой отдел черепа; 4 − шейный отдел позвоночника; 5 − ключицы; 6 − вороньи кости (коракоиды); 7 − лопатки; 8 − плечевая кость; 9 − кости предплечья; 10 − пряжка; 11 − фаланги пальцев; 12 − ребра; 13 − грудина; 14 – киль; 15 − тазовые кости, сросшиеся со сложным крестцом; 16 − хвостовые позвонки; 17 − копчиковая кость; 18 − бедренная кость; 19 − кости голени; 20 − цевка; 21 − фаланги пальцев.

1. Какие особенности характерны для костей птиц?_____

2. Какие отделы позвоночника срослись?_____

3. Какие особенности строения грудины летающих птиц?_____

_____

4. Какие особенности в строении таза у птиц?_____

_____

Задание 3. Заполнить таблицу 1.

Таблица 1

Внутреннее строение птиц

Системы органов	**Органы, входящие в их состав**	**Особенности строения**
Пищеварительная		
Дыхательная		
Кровеносная		
Нервная		
Органы чувств		
Выделительная		
Репродуктивная		

Контроль знаний

Тест 1. Для птиц, в отличие от пресмыкающихся, характерно:

а. Отсутствие чешуек на поверхности тела.

б. Роговые чехлы на челюстях.

в. Роговое вещество, образующее перья.

г. Постоянная температура тела.

Тест 2. Птицы имеют следующие железы:

а. Потовые железы на аптериях

б. Большое количества сальных желез.

в. Хорошо развита только копчиковая железа.

г. У птиц, как и у пресмыкающихся, железы практически отсутствуют.

Тест 3. Только для птиц среди всех позвоночных характерно:

а. Превращение передних конечностей в крылья.

б. Оперение.

в. Постоянная температура тела.

г. Кожа, практически лишенная желез.

Тест 4. Пищеварительная система птиц имеет следующие особенности:

а. У многих современных птиц на челюстях находятся зубы.

б. У голубей, хищных птиц пищевод расширяется в зоб.

в. Из пищевода пища сначала поступает в мускульный, а затем в железистый желудок.

г. В желудок открываются протоки двух крупных пищеварительных желез - поджелудочной железы и печени.

д. Протоки печени и поджелудочной железы открываются в первый отдел тонкого кишечника.

е. На границе тонкого и толстого кишечника находится хорошо развитая слепая кишка.

ж. Толстый кишечник короткий, открывается в клоаку.

з. В клоаку открываются пищеварительная, выделительная и половая системы.

Тест 5. Дыхательная система птиц имеет следующие особенности:

а. В верхней части трахеи есть певчая гортань.

б. Певчая гортань расположена в месте разделения трахеи на бронхи.

в. Обогащение крови кислородом происходит в капиллярах, оплетающих альвеолы.

г. Обогащение крови кислородом происходит в капиллярах, оплетающих парабронхи.

д. Существует двойное дыхание: газообмен происходит и при вдохе, и при выдохе.

е. Воздух проходит через легкие при вдохе и выдохе в одном направлении – из задних воздушных мешков через легкие в передние воздушные мешки.

ж. При вдохе воздух наполняет легкие, при выдохе − выходит из легких, т. е. движется через легкие в двух направлениях.

з. Объем воздушных мешков в 10 раз больше объема легких.

и. Воздушные мешки предохраняют птицу от перегрева во время полета.

Тест 6. Кровеносная система птиц имеет следующие особенности:

а. Сердце четырехкамерное.

б. В правой половине сердца кровь артериальная.

в. Малый (легочный) круг кровообращения заканчивается в правом предсердии.

г. Большой круг кровообращения заканчивается в правом предсердии.

д. От желудочка отходит правая дуга аорты и легочная артерия.

е. От желудочка отходит левая дуга аорты и легочная артерия.

ж. По легочной артерии течет артериальная кровь.

з. Сердце работает очень интенсивно, частота его сокращений у мелких птиц может достигать 1000 раз в минуту.

и. Обмен веществ протекает очень быстро, и поэтому птицы имеют постоянную температуру тела и относятся к теплокровным животным.

Тест 7. Нервная и выделительная системы птиц имеют следующие особенности:

а. Хорошо развит передний мозг, с чем связано их сложное поведение.

б. Промежуточный мозг обеспечивает хорошее зрение.

в. За координацию движений отвечает хорошо развитый мозжечок.

г. Зрение у большинства черно − белое.

д. У большинства птиц зрение цветное

е. Обоняние развито слабо.

Тест 8. Выделительная система.

а. Конечный продукт обмена веществ – аммиак.

б. Конечный продукт обмена веществ – мочевая кислота.

в. Конечный продукт обмена веществ – мочевина.

г. Мочевой пузырь в связи с полетом отсутствует.

д. Мочевой пузырь небольшой и открывается в клоаку.

е. Основным продуктом выделения у птиц является (мочевая кислота).

ж. В связи с полетом мочевой пузырь отсутствует.

Тест 9. Половая система самцов птиц имеет следующие особенности:

а. Половые железы – два семенника в полости тела

б. Семяпроводы открываются половым отверстием на поверхности тела.

в. Семяпроводы открываются в клоаку.

г. Ко времени размножения размеры семенников увеличиваются в тысячу раз.

Тест 10. Половая система самок птиц имеет следующие особенности:

а. Половые железы – два яичника в полости тела.

б. Развит только левый яичник, правый редуцирован.

в. Развит только правый яичник, левый редуцирован.

г. Оплодотворение яйцеклетки происходит в верхней части яйцевода.

д. Оплодотворение яйцеклетки происходит в клоаке.

е. В яйцеводах яйцеклетка покрывается зародышевыми и яйцевыми оболочками.

ж. В яйцеводах яйцеклетка покрывается только яйцевыми оболочками.

Тест 11. К яйцевым оболочкам относятся:

а. Амнион.

б. Сероза (хорион).

в. Белочная.

г. Две волокнистые.

д. Скорлупа.

е. Надскорлуповая.

ж. Аллантоис.

ЗАНЯТИЕ №13. **КЛАСС МЛЕКОПИТАЮЩИЕ / ЗВЕРИ (MAMMALIA) ПОДКЛАСС ПЛАЦЕНТАРНЫЕ**

Цель занятия. 1) Изучить характерные признаки класса Звери подкласса Плацентарные. 2) На основе знаний о строения млекопитающих, уметь давать характеристику адаптивных признаков представителей класса Звери.

Задания для самоподготовки: а) морфо-функциональные особенности внешнего и внутреннего строения млекопитающих; б) изучить систематические группы класса Млекопитающие/ Звери (Mammalia).

Задание 1. Рассмотреть рисунок 1.Изучить особенности внешнего строения млекопитающих на примере собаки. Ответить на вопросы:

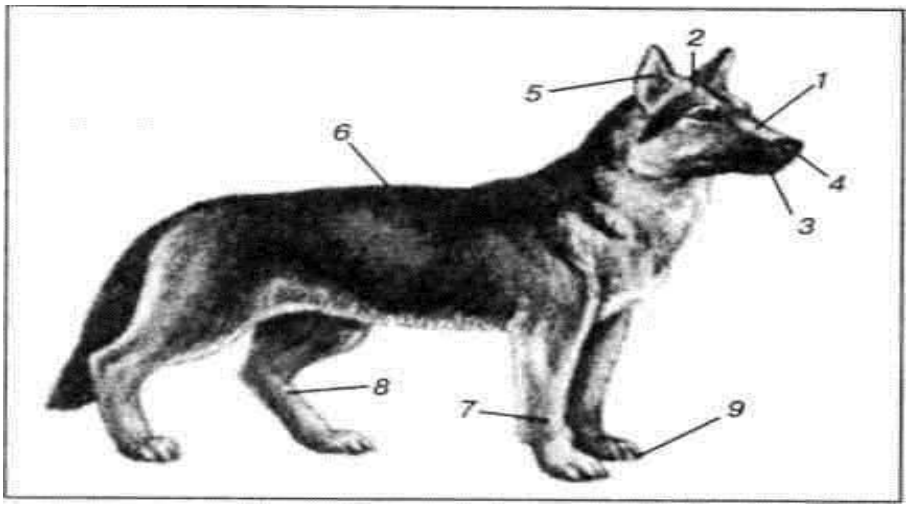


Рис. 1. Внешний вид собаки

1. Какие отделы тела различают у млекопитающих? _____

_____

2. Где, в отличие от пресмыкающихся, располагаются конечности млекопитающих? _____

3.Чем покрыто тело большинства млекопитающих? _____

_____

4. Какие органы чувств располагаются на голове собаки?_____

_____

5. Какие железы присутствуют в коже млекопитающих?_____

_____

6. Какие волосы составляют волосяной покров млекопитающих? _____

_____

7. Какие роговые образования млекопитающих являются производными кожи? _____

8. Каково происхождение млечных желез? _____

_____

Задание 2. Рассмотреть и изучить рисунок 2. Заполнить таблицу 1 (пользуясь конспектами лекций и учебниками).

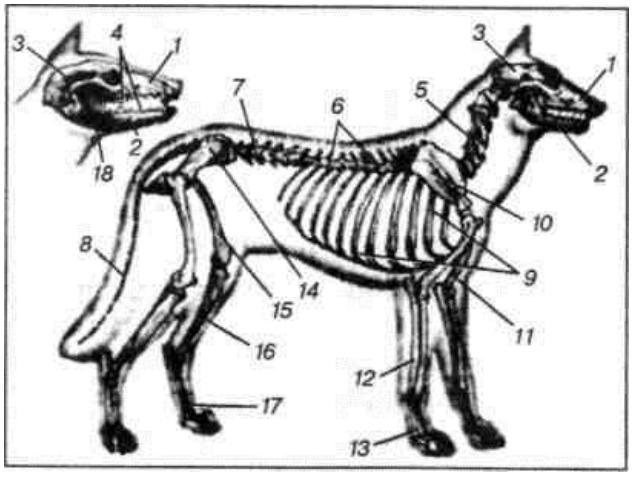


Рис. 2. Скелет собаки:

1 − верхняя челюсть; 2 − нижняя челюсть; 3 − мозговой отдел черепа; 4 − зубы; 5 − шейные позвонки; б − грудные позвонки; 7 − поясничные позвонки; 8 − хвостовые позвонки; 9 − грудная клетка; 10 − лопатка; 11 − плечевая кость; 12 − кости предплечья; 13 − кости кисти; 14 − тазовая кость; 15 − бедренная кость; 16 − кости голени; 17 − кости стопы; 18 – жевательная мышца.

Таблица 1

Скелет собаки

Отделы скелета	Кости, входящие в их состав
Скелет головы	
Скелет туловища **Скелет позвоночника**	
Шейный отдел	
Грудной отдел	
Поясничный отдел	
Крестцовый отдел	
Хвостовой отдел	
Скелет грудной клетки	
Скелет конечностей **Передняя конечность** **Задняя конечность**	
Скелет поясов конечностей **Плечевой пояс** **Тазовый пояс**	

Задание 3. Рассмотреть рисунок 3. Изучить особенности внутреннего строения млекопитающего на примере кролика. Данные отобразить в таблице.

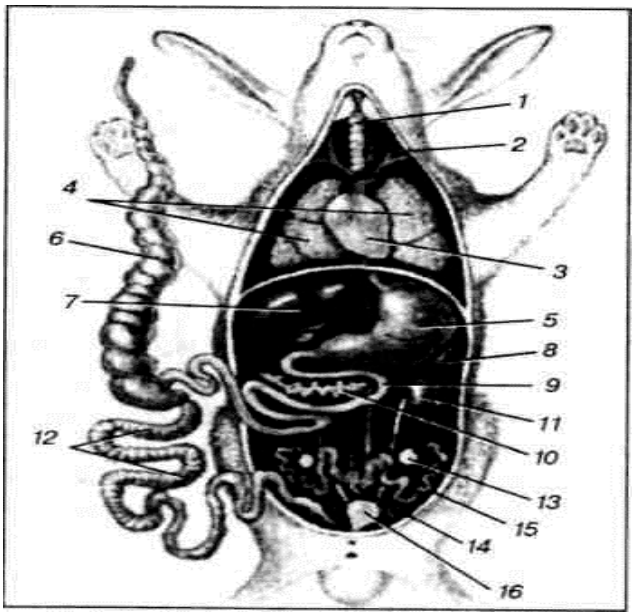


Рис. 3. Внутреннее строение кролика

Таблица 2

Внутреннее строение млекопитающих

Системы органов	**Органы системы органов**	**Особенности строения**
Пищеварительная		
Дыхательная		
Кровеносная		
Нервная		
Органы чувств		
Выделительная		
Репродуктивная		

Контроль знаний

Тест 1. Млекопитающие произошли от:

а. Птиц.

б. Котилозавров.

в. Динозавров.

г. Звероподобных рептилий.

Тест 2. Для млекопитающих, в отличие от пресмыкающихся, характерно:

а. Отсутствие чешуек на поверхности тела.

б. Наличие волосяного покрова

в. Наличие наружных ушных раковин.

г. Расположение конечностей по бокам тела.

д. Расположение конечностей под туловищем.

е. Постоянная температура тела.

ж. Внутриутробное развитие детенышей и живорождение

Тест 3. Роговые образования, являющиеся производными:

Вибриссы – это:

а. Длинные жесткие волоски, находящиеся около носа и глаз млекопитающих.

б. Короткие мягкие волоски, сохраняющие тепло.

в. Жесткие и длинные волоски, покрывающие тело собаки и выполняющие защитную функцию.

г. Острые иглы.

Тест 4. Молочные железы являются производными:

а. Потовых желез.

б. Сальных желез.

в. Пахучих желез.

Тест 5. Особенностями опорно-двигательной системы млекопитающих являются:

а. Пневматичные, легкие кости.

б. Зубы, являющиеся костными выростами на нижней и внешней челюстях.

в. Зубы, находящиеся в ячейках

г. Семь позвонков в шейном отделе позвоночника

д. Разное количество позвонков в шейном отделе позвоночника.

е. Четыре отдела в позвоночнике.

ж. Передний пояс конечностей, представленный парными ключицами, лопатками и вороньими костями (коракоидами).

з. Задний пояс конечностей, представленный двумя тазовыми костями

и. Грудная полость отделена от брюшной полости диафрагмой.

Тест 6. Особенностями пищеварительной системы млекопитающих являются:

а. Зубы, дифференцированные на резцы, клыки, предкоренные и коренные.

б. Расщепление белков ферментами слюны.

в. Наличие зоба у жвачных парнокопытных.

г. Многокамерный желудок у жвачных парнокопытных.

д. Протоки печени и поджелудочной железы, открывающиеся в первый отдел тонкого кишечника.

е. Хорошо развитая слепая кишка, находящаяся на границе тонкого и толстого кишечника.

ж. Лучшее развитие слепой кишки у травоядных животных.

з. Короткий толстый кишечник, открывающийся в клоаку.

и. Открывающиеся в клоаку пищеварительная, выделительная и половая системы.

к. Последний отдел толстого кишечника – прямая кишка, заканчивающаяся анальным отверстием.

Тест 7. Особенностями дыхательной системы млекопитающих являются:

а. Сложнее, чем у пресмыкающихся, устроенные легкие.

б. Легкие, устроенные так же, как у птиц.

в. Обогащение крови кислородом в капиллярах, оплетающих альвеолы.

г. Обогащение крови кислородом в капиллярах, оплетающих парабронхи.

д. Вдох и выдох, происходящие за счет сокращения межреберных мышц и диафрагмы.

Тест 8. Особенностями кровеносной системы млекопитающих являются:

а. Четырехкамерное сердце.

б. Венозная кровь в правой половине сердца.

в. Малый (легочный) круг кровообращения, заканчивающийся в левом предсердии.

г. Большой круг кровообращения, заканчивающийся в правом предсердии

д. Отходящие от желудочка правая дуга аорты и легочная артерия.

е. Отходящие от желудочка левая дуга аорты и легочная артерия

ж. Артериальная кровь течет по легочной артерии.

з. Очень быстро протекающий обмен веществ, обеспечивающий постоянную температуру тела – гомойотермные животныё.

Тест 9. Для нервной и выделительной систем млекопитающих характерно:

а. Сложное поведение млекопитающих, связанное с хорошим развитием переднего мозга.

б. Наличие в переднем мозге извилин и борозд.

в. Представленная головным и спинным мозгом центральная нервная система.

г. Головной мозг, состоящий из 5 отделов.

д. Периферическая нервная система, представленная 12 парами черепно-мозговых нервов и спинномозговыми нервами.

е. Хорошо развитый мозжечок, отвечающий за координацию движений.

ж. Конечный продукт обмена веществ – аммиак.

з. Конечный продукт обмена веществ – мочевая кислота.

и. Конечный продукт обмена веществ – мочевина.

Рекомендуемая литература

1. Константинов, В. Н. Зоология позвоночных : учебник / В. Н. Константинов, С. П. Наумов, С. П. Шаталова. − М. : Академия, 2006. − 464 с.

2. Тейлор, Д. Биология : учебник / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут . − М . : Мир, 2005. − 454с.

3. Пехов, А. П. Биология с основами Экологии : учебник / А. П. Пехов. – СПб., 2001. − 672 с.

4. Билич , Г. Л . Биология : учебник / Г. Л. Билич , В. А. Крыжановский . − М. : Оникс, 2007. − 544 с.

Учебное издание

Зоология

Методические указания и рабочая тетрадь для лабораторно-практических занятий

Составители:

Зайцева Лилия Михайловна

Гниломедова Лариса Павловна

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 5.12.2014 Формат 60×84 1/8
Усл. печ. л. 8,84, печ. л. 9,5.
Тираж 30. Заказ №290.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: (84663) 46-2-47
Факс 46-6-70
E-mail: ssaariz@mail.ru

	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации **ФГБОУ ВО Самарская ГСХА** **Кафедра «Разведения и кормления сельскохозяйственных животных»**

РЕГИОНАЛЬНАЯ ФЛОРА И ФАУНА

Методические указания для выполнения лабораторных занятий

для студентов, обучающихся по направлению
06.03.01- «Биология»

Кинель

РИЦ СГСХА

2015

УДК
БКК
К-67

Региональная флора и фауна: методические указания/В.А Корнилова. – Кинель: 2015. – 78 с.

Данное издание ориентировано на изучение флоры и фауны Самарской области. В методических указаниях освещены методологические основы выполнения лабораторных занятий по предмету «Региональная флора и фауна», предназначены для студентов 2 курса направления подготовки: 06.03.01 – «Биология».

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2015

© Корнилова В.А., 2015

Оглавление

Оглавление	3
Введение	4
Занятие 1. Природные условия Самарской области.	5
Занятие 2. Леса Самарской области.	10
Занятие 3.Степи. Луга Самарской области.	15
Занятие 4. Растительность водоемов Самарской области.	20
Занятие 5 . Беспозвоночные животные и позвоночные животные Самарской области. Рыбы.	23
Занятие 6. Земноводные и пресмыкающиеся Самарской области.	29
Занятие 7. Птицы и млекопитающие животные Самарской области.	33
Занятие 8. Национальный парк Самарская лука.	40
Занятие 9. Национальный парк Бузулукский бор и Жигулевский заповедник	44
Вопросы для экзамена	51
Литература	54

Введение

Флора области представлена достаточно широко и разнообразно. В её границах произрастают представители пустынь и полупустынь, гор и лесов, водных пространств и лугов, степей и южной тайги. Ориентировочно на территории области распространено несколько тысяч представителей флоры.

В составе степной растительности наиболее часто доминируют ковыли и типчак. В растительности каменистых степей заметную роль играют злаки. Встречаются эндемики - тимьян жигулевский, молочай жигулевский, солнцецвет и целый ряд других растений.

Луговая растительность в области не занимает больших площадей, луга располагаются в долинах рек, в балках и оврагах, реже - на водоразделах.

Ассортимент бобовых растений представлен разнообразными клеверами, чинами, люцернами, горошками и др. Растительные сообщества суходольных лугов отличаются разнообразием видового состава: здесь цветут многочисленные виды клевера, чины, шалфея, герань луговая, смолка, гвоздики, девясил, нивяник - луговая ромашка, лобазник шестилепестный и многие другие.

На территории области обитает 13-15 тыс. видов животных. Видовой состав ихтиофауны водоёмов разнообразен и представлен 50 видами.

Красная книга: занесенные в нее объекты растительного мира подлежат особой охране. Их добывание, продажа, равно как и нарушение среды обитания, запрещаются и регламентируются федеральными законами и законодательством Самарской области.

Красная книга Самарской области учреждена Приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Самарской области № 4 от 31.08.2005 г. в соответствии с законами РФ «Об охране окружающей природной среды», «О животном мире» и областным Законом «Об охране окружающей природной среды и природных ресурсов Самарской области». В ее издании принимали участие Институт экологии Волжского бассейна РАН, Правительство Самарской области, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Самарской области.

Цель кура – формирование у студентов по направлению подготовки: 06.03.01-15 - «Биология» представлений о разнообразии растений и животных Самарской области, их комплексов, выявление причин и эволюционных тенденций в динамики флоры и фауны.

Задачи курса:

- ознакомиться с природными условиями Самарской области и сопредельных территорий;
- ознакомиться с таксономическим и ценотическим разнообразием современного растительного покрова Самарской области и сопредельных территорий;
- сформировать представления о флоре и фауне, методах их анализа и подходах к районированию;
- показать особенности флористического и фаунистического состава разных типов естественных и искусственных экосистем области,
- выявить направления генезиса флоры и фауны различных районов области,
- ознакомиться с подходами оценки антропогенной трансформации флоры и фауны Самарской области;
- рассмотреть проблемы и пути охраны флоры и фауны Самарской области.

Занятие 1. Природные условия Самарской области

Цель занятия: изучить географическое положение, климат, геологию и полезные ископаемые, рельеф Самарской области.

Географическое положение. Самарская область занимает территорию, равную примерно 54 тысячам квадратных километров. Она граничит с Ульяновской, Саратовской и Оренбургской областями, а также с Татарстаном. Численность населения области приближается к 3,5 миллионам человек.

Самарская область находится в среднем течении реки Волги, делящей ее на две неравные части – **Предволжье и Заволжье**. Одним из интереснейших природных объектов в области является Самарская Лука. Учитывая исключительную ценность этой территории, в 1984 году решением Совета Министров РСФСР был образован Государственный природный **национальный парк «Самарская Лука».** Значительно раньше, в 1927 году, здесь же был создан Жигулевский государственный заповедник имени И. И. Спрыгина.

В пределах области волжское русло зарегулировано и образует **Куйбышевское и Саратовское водохранилища.**

Самарская область находится на стыке двух почвенно-климатических зон – лесостепной и степной.

Климат

Территория Самарской области испытывает влияние обширного азиатского континента, сильно прогреваемого летом и охлаждающегося зимой, а также Атлантического океана, смягчающего температурные колебания. Вследствие этого для климата области характерны холодная и малоснежная зима, короткая весна, жаркое и сухое лето.

Наиболее холодный месяц в году – январь, реже – февраль. Средняя температура воздуха в январе на севере области -14,8°С, на юге -13 -14°С. Абсолютный минимум температуры наблюдается в январе. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0°С происходит в первой половине апреля. Повышение среднесуточной температуры выше +10°С наступает на севере области в первых числах мая, на юге – в конце апреля. Характерной особенностью климата является быстрое нарастание температуры воздуха весной. Особенно интенсивно идет наступление весны в южных районах.

Наиболее теплый месяц в году – июль. Понижение температуры начинается со второй половины августа, а уже в середине сентября наблюдаются первые заморозки. Осенний сезон превышает весенний в среднем на 13-16 дней.

Продолжительность зимы составляет 150-155 дней, а лета (с температурой выше +10°С) – 140-147 дней.

Наибольшее количество осадков выпадает в северной части Самарского Заволжья, где их среднегодовая сумма превышает 400 мм. Наименьшее количество осадков характерно для южных степных районов. В теплый период года осадков выпадает больше, чем в холодный. Увеличение снегового покрова в зимнее время происходит медленно, весной он быстро разрушается. Наибольшая толщина снегового покрова наблюдается в северо-восточных районах, где он достигает 40 см, а на юге и юго-востоке не превышает 20-25 см.

Весеннее таяние снега протекает бурно. Уже в начале апреля большая часть южных степных районов освобождается от снега. В северных и северо-восточных районах снег лежит до середины апреля.

В летний период преобладают ветры северного и северо-восточного, а зимой юго-восточного направлений. В летние месяцы нередки суховеи. Максимальная среднемесячная влажность воздуха бывает в июле (15,5 мб), минимальная в январе (2,1 мб).

Состояние воздушной среды области зависит от рельефа местности, характера почв, наличия промышленных предприятий и транспорта, городов и поселков, нефте- и газопромыслов, а также других факторов.

В теплое время года воздушный бассейн Самарской области характеризуется высокой запыленностью. Отмечено, что наиболее высокая степень загрязнения атмосферы наблюдается при антициклональном типе погоды. Для получения точных данных об уровне загрязнения окружающей среды в области существует сеть наблюдательных пунктов. Точные приборы регистрируют состояние атмосферного воздуха, водных объектов и почвы. Материалы наблюдений служат основой для принятия мер по уменьшению и прекращению выбросов, используются при проектировании новых промышленных объектов и реконструкции старых. Разработаны нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных примесей.

Государственный комитет по охране окружающей среды Самарской области применяет к предприятиям – источникам загрязнения – систему штрафов и других мер наказания, вплоть до временного закрытия.

Геология и полезные ископаемые

Самарская область располагается на юго-восточной части Русской платформы и в связи с этим характеризуется довольно спокойной тектонической обстановкой. Кристаллический докембрийский фундамент Русской платформы сложен гранитогнейсами. Его возраст насчитывает свыше 1 миллиарда лет. Над фундаментом располагаются отложения, относящиеся к палеозойской, мезозойской и кайнозойской эрам.

Палеозойская эра продолжалась около 365 миллионов лет. Она делится на кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный и пермский периоды. В первые три периода территория нашей области была сушей, и отложения того времени не сохранились. В девонском периоде с юго-востока происходило неоднократное наступление моря. Его отложения представляют собой толщу песчаников и глин с прослоями известняков. В каменноугольный период (карбон) на этой территории чередовались мелководные бассейны, отлагающие карбонатные осадки и суша, подвергавшаяся сильному выветриванию. В конце периода произошло общее погружение Русской платформы и наступление моря. В пермский период сохранялись морские условия. Глубина моря колебалась временами до образования мелководных лагун. Уральские горы подвергались сильному разрушению, и оттуда на территорию области приносился красноцветный эрозийный материал. У нас из пермских осадков широко распространены отложения татарского яруса. Они выходят на поверхность в северной части области в виде красноцветных толщ с прослоями серых известняков и доломитов, а также пестрых мергелей.

Мезозойская эра продолжалась около 115 миллионов лет. Ее делят на триасовый, юрский и меловой периоды Разноцветные пески, красные и зеленые глины представляют нижний триас. Осадки верхнего и среднего триаса в нашей области отсутствуют. Юрский период характеризовался теплым и влажным климатом, а также наступлением моря. Морские отложения представлены серыми известковыми глинами и мергелями.

Юрское море постепенно отступало, и к концу периода произошло поднятие Общего Сырта. В середине мелового периода на территории области снова плескались морские волны. Теплое море отлагало белый писчий мел, давший название всему периоду. В нашей области отложений мелового периода мало, они встречаются лишь по правому берегу Волги.

Кайнозойская, новейшая эра геологической истории Земли имеет продолжительность около 70 миллионов лет и подразделяется на палеоген, неоген, четвертичный период или антропоген. Отложения палеогена слагают водораздельные плато Правобережья. Неоген, в свою очередь, делится на миоцен и плиоцен. Осадки неогена покрывают водораздельные пространства Заволжья.

В неогене территорию области покрывали воды моря, называемого акчагыльским,

которое отлагало глинистые осадки. К этому времени относится образование Жигулевской дислокации и древних долин рек Белой, Камы, Самары и других. Акчагыльское море было последним в Среднем Поволжье, ставшим впоследствии сушей.

В четвертичный период Европа подвергалась трем великим оледенениям. До нашей области ледник не доходил, но воды, образовавшиеся вследствие таяния льда, устремляясь к морю, протекали через ее территорию. Наиболее древние четвертичные отложения представлены сыртовыми глинами делювиально-аллювиального типа. Позднее по речным долинам и балкам образовались песчано-глинистые отложения, а по склонам водоразделов – делювиальные суглинки.

Территория Самарской области богата полезными ископаемыми. Важнейшими из них являются **нефть и природный газ.** Первая промышленная нефть была получена из верейского горизонта на Сызранском поднятии в 1936 году. В 1944 году в Яблоновом овраге была впервые получена нефть из пластов девонского возраста. В настоящее время в Самарской области насчитываются сотни месторождений. Нефть залегает в пластах, расположенных на глубине от 300 до 4000 метров. Эти залежи сопровождаются скоплениями природного газа.

Самарская нефть характеризуется большим количеством растворенного газа, который при ее добыче выделяется в свободную фазу. Этот газ содержит высокий процент ценных для промышленности тяжелых углеводородов. В прежние годы большая часть этого ценного сырья сжигалась в факелах, загрязняя атмосферу продуктами горения. В настоящее время большинство факелов погашено. Попутный газ поступает на газобензиновые заводы для дальнейшего использования.

Самарская область богата и **твердыми горючими ископаемыми**. К ним относятся горючие сланцы, асфальты и асфальтиты.

Месторождения горючих сланцев обнаружены на юге области, а наиболее крупное и известное находится на правом берегу Волги южнее Сызрани. Это – Кашпирское месторождение, где горючие сланцы добываются шахтным способом и используются как топливо, а также для получения смазочных масел, парафина, ихтиола, кокса и жидкого моторного топлива.

В недрах нашей области имеются значительные запасы самородной серы, известные с давних пор. С начала XVIII века началась их промышленная разработка. Наиболее известны Алексеевское, Сырейское и Водинское месторождения. **Сера** по своему происхождению связана с перечисленными ранее жидкими, газообразными и твердыми горючими ископаемыми.

Кроме серы, из нерудных богатств, имеющих важное значение для народного хозяйства, являются известняки и доломиты, фосфориты, каменная соль, мел, кварцевые пески, разнообразные глины.

Известняки и доломиты добываются в основном из открытых карьеров в Жигулевских и Сокских горах. Одним из наиболее крупных является карьер Богатырь.

Каменная соль, залегающая в южных районах области, отличается высокой степенью чистоты и большой мощностью пластов. Рассматриваются варианты ее практического использования.

Ценным сырьем для получения минеральных удобрений являются **фосфориты.** Их месторождения приурочены к юрским и меловым отложениям.

Самарская область обладает значительным запасом **подземных вод**, которые академик В. И. Вернадский называл «жидкими минералами». Химический состав подземных вод весьма различен, неодинакова и глубина их залегания. В верхних горизонтах воды обычно пресные или содержат незначительные примеси минеральных солей. Они питают многочисленные родники, дающие начало ручьям и малым рекам.

В нижнем гидрологическом этаже концентрация солей резко возрастает. Находящиеся здесь хлоридно-кальциево-натриевые рассолы нередко содержат бром, йод и другие элементы.

Важное значение имеют минерализованные воды, обладающие лечебной ценностью. Слабоминерализованная сульфатно-кальциевая вода соответствует по питьевым качествам получаемой из источников в Паланге и Дорохове. Вода, содержащая сероводород, также используется для лечения на курортах области и аналогична по своему действию знаменитой мацестинской. Таковы источники курорта Сергиевские Минеральные Воды. Экспедиция кафедры ботаники Самарского педагогического университета выявила целый ряд новых сероводородных источников в северо-восточных районах области. Запасы лечебных вод имеются на территории города Самары, других городов и поселков и используются в ряде медицинских учреждений.

Кроме того, на территории области в последние годы были обнаружены значительные запасы минеральных вод, получивших признание как ценные лечебные и столовые («Рамено», «Лагуна», «Дворцовая» и др.)

Запасы полезных ископаемых в области велики и разнообразны. Но следует помнить, что эти природные ресурсы исчерпаемы и невосполняемы. Чрезмерная добыча может привести к истощению запасов того или иного вида сырья. Так, в последние годы из карьеров, расположенных в Жигулевских и Сокских горах, добывалось около 10 миллионов тонн известняков и доломитов ежегодно. На нужды ГЭС использовался камень, слагающий такой уникальный геологический памятник, как Царев Курган, что привело к его практически полному разрушению. Многочисленные предложения по рекультивации и восстановлению прежнего облика Царева Кургана до настоящего времени практического воплощения не получили.

В связи с разработкой карьеров вдоль волжских берегов весьма актуальна проблема охраны уникального ландшафта Жигулей, которая также далека от своего разрешения.

Рельеф

Область отличается разнообразием рельефа. По правобережью в ее пределах протянулись **Жигулевские горы**, огибая которые Волга образует знаменитую **Самарскую Луку**. Южнее Жигулевских гор на плато находится самое высокое место области, достигающее 374 м над уровнем моря. Большие высоты, до 347 м, отмечены также на северо-востоке области.

В формировании современного рельефа принимали участие многочисленные факторы. К ним относятся тектонические движения земной коры, неоднократные отступления и наступления морских вод, а также эрозионные процессы. Хотя нашу территорию никогда не захватывало оледенение, но воды от таяния ледников протекали на юг и оставляли свои отложения на ее поверхности.

На основе геологического строения, высотных значений и характерных форм рельефа территория области подразделяется на **5 геоморфологических провинций: Приволжская возвышенность, Самарская Лука, Низменное Заволжье, Высокое Заволжье и Сыртовое Заволжье.**

Первая провинция расположена в западной части области на правобережье реки Волги. **Приволжская возвышенность** поднимается до 300 метров над уровнем моря. Массив рассечен глубокими речными долинами, оврагами и балками. Интересной особенностью данной провинции являются меловые холмы до 180 м высотой, расположенные вблизи села Новодевичье. Выходы мела в виде конусов, до 50 метров высотой, называемые отмалами, встречаются также в Сызранском районе. На территории провинции часто наблюдаются оползни.

Провинция **Самарская Лука** является частью Приволжской возвышенности и отделена от основного массива тектонической границей. На территории провинции находятся Жигулевские горы, которые начинаются у села Усолье и тянутся на 75 км до села Подгоры. Прибрежная полоса Жигулей сильно рассечена глубокими оврагами и имеет характер горной страны. При слиянии реки Усы с Волгой находится одна из вершин – **Молодецкий Курган**, который поднимается почти на 200 метров над уровнем Куйбышевского водохранилища. Между Бахиловой Поляной и Ширяевским оврагом находится самая вы-

сокая точка Жигулей – **гора Стрельная**. Ее высота достигает 350 метров над уровнем Волги. С нее открывается прекрасный вид на волжские просторы.

Самым большим из оврагов Самарской Луки является Ширяевский. Он тянется на 35 км, образуя в устье долину шириной до 2 км. Наличие растворимых гипсов, известняков и доломитов способствует образованию на территории Самарской Луки многочисленных карстовых воронок. Проницаемость пород делает Жигули маловодными. На их территории очень мало источников и родников, самые известные из которых находятся в месте слияния Кочкарного и Ширяевского оврагов, это место называется **Каменной Чашей или кордоном Колоды.**

Длина волжской излучины от Молодецкого Кургана до Переволок равна 135 км. Этот популярный среди туристов водный маршрут издавна известен под названием «Жигулевская кругосветка».

Территория Самарской Луки богата многочисленными памятниками природы и истории, реликтовыми и эндемичными видами растений и животных, живописными ландшафтами и представляет большую ценность в научном отношении. Она также служит прекрасным местом отдыха и туризма. В связи с уникальностью Самарской Луки здесь организован **Жигулевский государственный заповедник** имени И. И. Спрыгина и государственный природный **национальный парк «Самарская Лука».**

Провинция **Низменное Заволжье** располагается вдоль левого берега реки Волги. Высота ее поверхности колеблется от 20 до 150 метров над уровнем моря. Ее западная часть представляет собой волжскую долину, в пределах которой выделяются пойменная и три надпойменных террасы. Самая низкая из террас – пойменная. В настоящее время она затоплена водами Куйбышевского и Саратовского водохранилищ.

К востоку от долины Волги находится **Сыртовая равнина** Низменного Заволжья с характерным пологоувалистым рельефом мягких очертаний. Речные долины, разрезающие эту территорию (реки Самара, Чапаевка, Чагра, Большой Иргиз и другие), характеризуются асимметричными террасированными склонами. В верховьях реки Чагры находится наивысшая точка данной местности (184 м).

Провинция **Высокое Заволжье** занимает северо-восточную часть области. Эта возвышенная равнина постепенно понижается от востока к западу. Ее самая высокая точка достигает 347 метров над уровнем моря и находится на северо-востоке в отрогах Бугульминско-Белебеевской возвышенности.

Вдоль правобережий рек Сок и Большой Кинель выделяются **Сокские и Кинельские горы.** Первые достигают наивысшей отметки 317 метров, а вторые – 200 метров и выше. Вдоль левого берега Волги ниже устья реки Сок находятся **Сокольи горы.** Самая большая вершина Тип-Тяв имеет высоту 281 метр. Здесь долина Волги сужается, образуя очень живописные **Жигулевские Ворота**. На правом берегу реки Сок, близ его впадения в реку Волгу, расположен упомянутый выше **Царев Курган**.

Сокольи горы отличаются исключительной живописностью. Их рассекают заросшие лесом овраги, из которых наиболее известны Студеный и Коптев. В этих местах расположена знаменитая пещера братьев Гревс Около устья Студеного оврага находится Лысая гора, с вершины которой открываются прекрасные виды Волги и заволжских далей.

Пятая из провинций – **Возвышенное Сыртовое Заволжье** – представляет собой часть возвышенности, называемой **Общий Сырт**. Для данной территории характерно наличие глубоко разработанных речных долин, имеющих древний возраст. Высота и расчлененность поверхности Возвышенного Сыртового Заволжья увеличиваются к востоку. Здесь, на границе с Оренбургской областью, находятся истоки рек Большой Иргиз, Чапаевка, Съезжая и других. Однообразие равнинного плато нарушают каменистые холмы – останцы, называемые шишками. Одни из наиболее высоких – Макаровские шишки - достигают 259 метров абсолютной высоты. Склоны водораздельного плато изобилуют многочисленными ключам.

Задание 1. Изучить и записать характеристику Самарской области: географическое положение, климат, геологию и полезные ископаемые, рельеф. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 1.

Таблица 1

Самарская область

Географическое положение	Климат	Геология	Полезные ископаемые	Рельеф

Контрольные вопросы

1. Какова площадь Самарской области? С кем она граничит?
2. Какие два водохранилища находятся на территории области?
3. На стыке каких почвенно-климатических зон находится Самарская область?
4. С чем связаны особенности климата Самарской области?
5. В какой части Русской платформы располагается Самарская область?
6. Глинами, какого типа представлены четвертичные отложения в Самарской области?
7. Назовите минерализованные воды Самарской области, обладающие лечебной ценностью.
8. Назовите 5 геоморфологических провинций, которые находятся на территории Самарской области.

Занятие 2. Леса Самарской области

Цель занятия: Научиться различать хвойные, лиственные, пойменные, байрачные леса, искусственные лесополосы Самарской области. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

Одним из важнейших компонентов растительного покрова Земли являются леса. Они имеют огромное народнохозяйственное, экономическое и социальное значение, оказывают климаторегулирующее, гидрологическое, противоэрозионное, почвозащитное действия и стабилизируют природную среду в целом. Лес снабжает население чистым воздухом, служит местом отдыха и туризма. Здесь обитают многочисленные звери, птицы и прочая живность, произрастают ценнейшие древесные породы, грибы, лекарственные растения и другие «дары природы».

В Самарской области леса занимают чуть больше десятой части ее территории. Площадь хвойных лесов составляет 12% от всей лесопокрытой территории нашей области. Они представляют собой наиболее ценную часть лесных богатств.

В хвойных лесах главная лесообразующая порода – сосна обыкновенная. Сосновые леса Самарской области отнесены в региональную группу восточно-европейских, подзональный тип лесостепных и степных и определяются С. А. Грибовой и Т. И. Исаченко как «сосновые и широколиственно-сосновые разнотравно-злаковые, остепненные».

Более широкое распространение сосновых лесов в нашей местности в прежние времена подтверждается многочисленными данными научных исследований и свидетельствами современников. Так, арабский писатель Андалуси путешествуя по Волжско-Камской Болгарии в XII веке, отмечал в своих записях, что жители этого государства строят свои дома из сосновых бревен

В настоящее время небольшие участки сосновых лесов имеются на северо-востоке области, в Высоком Заволжье, на темно-серых слабооползоленных лесных почвах.

По правому берегу реки Сок также кое-где сохранились сильно изреженные участки соснового леса, а чаще, встречаются отдельные деревья с флагообразной кроной.

Более значительные площади под сосновыми лесами имеются на относительно вы-

ровненных платообразных склонах в Сергиевском районе, где участок леса в Микушкинском лесничестве объявлен памятником природы. В Бор-Игарском лесничестве Клявлинского района также, в качестве памятника природы, выделены кварталы леса 60, 61, 62.

В Ставропольском и Красноярском районах Самарской области сосняки произрастают на подзолистых почвах, которые сформировались на древнеаллювиальных эоловых песках. Последние располагаются вдоль левого берега Саратовского и Куйбышевского водохранилищ, а также в долинах рек Сок, Кондурча и таких малых рек, как Бинарадка, Курумоч, Буян.

Массивы сосновых лесов начинаются к югу от села Ягодное, а затем полосой тянутся до поселка Волжский. Отдельные боры находятся вблизи сел Узюково, Старая Бинарадка и Новый Буян.

В Узюковском, Бинарадском и Ставропольских борах вблизи города Тольятти самые сухие местоположения по вершинам песчаных холмов и их крутым выпуклым склонам занимают сосновые леса с лишайниками и мхами. Одноярусный древостой представлен сосной обыкновенной. К микропонижениям приурочены единичные экземпляры осины и березы.

Сосновые леса, особенно расположенные по берегам рек и водохранилищ, имеют солидный возраст, высокий бонитет. Они играют очень важную почвозащитную роль, предотвращают заиливание родников и речек, обеспечивают их полноводность и предупреждают другие неблагоприятные процессы.

Велико рекреационное значение лесных массивов. Однако вследствие нерегламентированной рекреационной нагрузки и близости некоторых предприятий происходит неблагоприятное воздействие на сохранность деревьев, подлеска и травянистых растений, изменяется состояние хвои, мхов и лишайников. Нередки случаи лесных пожаров. Разрушение же отдельных компонентов лесных сообществ приводит к нарушению целостности и устойчивости всего леса как целого.

Важное народнохозяйственное и лесомелиоративное значение имеет **Бузулукский бор** – крупный островной массив леса площадью 110,6 тысячи га. Он находится на изолированной песчаной территории, в той части России, которую русский ботаник С. И. Коржинский называл «царством ковыльной степи». По выражению С. И. Коржинского и Г. И. Танфильева, Бузулукский бор – это «оазис сосны среди степи».

На территории Самарской области находится 53,6 тыс. га этого бора, остальная часть расположена в соседней, Оренбургской области. В лесном массиве в настоящее время сосной занято около 40% площадей, дубом – 21%, кленом, липой и ольхой – 11%, березой, осиной и другими мелколиственными породами – примерно 28%. Бузулукский бор представляет собой интереснейший и уникальный природный объект.

Известный русский почвовед В. В. Докучаев своими работами положил начало систематическому изучению бора. В 1898 году в бору работал С. С. Неуструев, известный исследователь почвенно-географических условий не только Самарской губернии, но и всего Среднего Поволжья. Здесь также работали такие видные отечественные ученые, как П. А. Замятчинский (1904), В. М. Савич (1906), В. Н. Сукачев (1904), Г. Ф. Морозов (1907), Г. Н. Высоцкий (1909), М. В. Марков (1940), А. П. Тольский (1940), а также В. П. Широков, В. Г. Нестеров, М. Н. Римский-Корсаков и многие другие. Материалы о Бузулукском боре, этом уникальном явлении природы, изложены более чем в 300 работах.

Известный знаток леса Г. Ф. Морозов объяснил существование сосны обыкновенной в Бузулукском бору двойной природой ее ксерофитности. По мнению ученых, в бору произрастает особая форма засухоустойчивой сосны. В наши дни Бузулукский бор считается наиболее юго-восточным пунктом распространения в Европе сосны обыкновенной.

На правобережье Самарской области естественные и искусственные сосновые леса произрастают в Волжском, Ставропольском, Сызранском и Шигонском районах.

На территории Самарской Луки, ныне объявленной Государственным национальным природным парком, леса входят в зону, запретную для рубки, имеют исключительно

важное почвозащитное, лесомелиоративное и ландшафтообразующее значения, в связи с чем нуждаются в особо бережном к ним отношении.

На Самарской Луке естественные сосновые леса, в отличие от вышеописанных, приуроченных к древнеаллювиальным эоловым отложениям, занимают крутые каменистые, сложенные карбонатными породами, склоны Жигулевских гор.

Своеобразным вариантом остепненных боров в Жигулях является сосняк толокнянковый. Он характеризуется тем, что под пологом древостоя здесь развивается ярус низкорослого кустарничка – толокнянки обыкновенной. Этот вид характерен для северных хвойных лесов. Сосняк с толокнянкой представляет собой реликтовый тип леса и на Приволжской возвышенности нигде, кроме Жигулей, не встречается.

На территории Самарской Луки растут также искусственные боры. Их заложили более 150 лет назад и неоднократно подсаживали в последующие годы. Они располагаются близ села Новинки, а также между селами Рождествено и Выползово (Выползовский бор) на песчаных грунтах волжской террасы. Древостой высокобонитетный, высота деревьев свыше 25–30 м.

Из всех сосновых лесов Самарской области наиболее северным характером растительного покрова отличаются боры Сызранского и Шигонского районов.

На всхолмленной песчаной террасе реки Усы находится **Муранский бор**, он входит в состав Львовского лесничества Новодевиченского лесхоза. Возраст насаждений неоднороден, наиболее старые достигают 100-150 лет.

Муранский бор раскинулся на невысоких песчаных дюнах, в понижениях между которыми формируются небольшие болотца, а изредка встречаются мелководные озера малых размеров. Бор неоднороден по составу как господствующих древесных пород, так и подлеска и травянистого яруса. Качественный состав и обилие видов зависят от рельефа, почвенных условий, типа леса и степени воздействия человека.

Геоботаниками СамГПУ описаны в Муранском бору сосняки лишайниковый, орляковый, зеленомошник, осоково-разнотравный и другие.

К западу от Сызрани на границе с Ульяновской областью располагается **Рачейский (Рачейкинский) бор**. Он раскинулся на платообразных склонах Приволжской возвышенности, которая с давних времен была лесным районом. Климат здесь более влажный и умеренный, благоприятный для лесных сообществ. Бор занимает разнообразные элементы рельефа от вершин и склонов песчаных холмов до заболоченных низин. Его слагают сосняки зеленомошник, лишайниковый, бруснично-черничный, вейниковый и другие.

В правобережных лесах произрастают такие редкие виды, как брусника, черника, представители семейства орхидных – ятрышник пятнистый, башмачок настоящий и другие, грушанки зеленоцветковая, малая и кругололистная, а на болотах – клюква и росянка. Вследствие большой ценности и уникальности правобережных боров кварталы 103, 112 и 113 Муранского бора, а также квартал 91 близ с. Ст. Рачейка объявлены памятниками природы. Правобережные сосняки представляют собой большой интерес для ботанической науки вследствие своего особого флористического состава и большого возраста. Они нуждаются в особо бережном отношении.

В последние годы удалось более или менее оградить леса в предновогоднюю пору от порубщиков, но эта проблема еще полностью не решена. Однако наибольшую опасность для хвойных лесов представляет огонь. И не так уж редко сообщают в летнее время областные и районные газеты о случаях лесных пожаров.

К лиственным породам относятся дуб, липа, клен, береза, вяз, тополь, осина, ольха, ива и многие другие.

Лиственные леса составляют основу лесного фонда Самарской области. Они относятся к «восточно-европейским широколиственным Приволжско-Заволжским дубово-липовым лесам без ясеня». Природные качества лесов области зависят от условий среды обитания, несут географический и исторический характер, поэтому обратимся к прошлому, когда леса менее подвергались воздействию человека.

Еще в X-XII веках арабские писатели и путешественники, в числе которых можно назвать Мукадесси, Ибн-Даста и других, отмечали широкое распространение березовых лесов в северной части Заволжья. По свидетельству П. И. Рычкова с. Сергиевск в 1703 году было построено из «дубового лесу». Надо полагать, что строительный материал вывозился из ближайших лесов.

Около 1800 десятин перестойного леса в возрасте 80 лет с березой и осиной находились в конце XIX века на севере губернии, что отмечено в сборнике статистических сведений по Самарской губернии (1883).

Нагорные леса Самарской Луки, как указывали И. И. Лепехин и П. В. Алабин, составляли дубравы, а на ее возвышенном плато преобладали дубово-липовые леса. Последние захватывали также большую часть Сокольих гор**.** Часть территории города Самары от Воскресенской площади (ныне Самарской) до современной Поляны им. М. В. Фрунзе еще в конце прошлого века была покрыта лесами, и местное население называло их «дубравой».

В южной части области крупные лесные участки находились близ сел Дубовый Умет, Каменный Брод и нынешнего города Чапаевска. Среди степных просторов выделялись лесной растительностью долины рек Б. Иргиз, Каралык и Камелик. Как указывал В. И. Витевский, здесь росли дремучие непроходимые леса, где «обитало много медведей, лисиц, куниц, бобров и других пушных зверей».

В настоящее время характер размещения лесов на территории области в целом имеет прежние черты, но возросшая хозяйственная деятельность человека отразилась на их составе и строении. Лесные угодья заметно сократились, раздроблены на участки. Сохранились природные контуры лесов на Самарской Луке. Крупные, но расчлененные массивы леса имеются в бассейне реки Усы на территории Сызранского и Шигонского районов. Некогда единый крупный участок леса на левобережье Волги против Самарской Луки также раздроблен. Сохранился **Тарханский лес** (Шенталинский и Челно-Вершинский районы), по которому в прошлом проходила засека для защиты от степных кочевников.

Дуб является одним из самых могучих деревьев нашей природы и характеризуется твердой и ценной древесиной. В густых лесах его ствол высок и относительно прям, а у одиночных деревьев сильно разрастается в толщину и формирует многочисленные мощные сучья.

Наиболее типичны дубравы бересклетово-ландышевая, орляково-ландышевая и разнотравная. В более влажных местах их сменяют дубравы бересклетово-снытевая, снытево-ландышевая и снытевая. В древесном ярусе вместе с дубом иногда участвует липа, формируя дубравы с липой снытевую, ясменниково-звездчатковую и другие. В последние годы по ряду разнообразных причин состояние дубрав стало неудовлетворительным. Наблюдается высыхание крон и изреживание деревьев.

Под древесным пологом в дубравах развивается **подлесок.** В его состав входят бересклет бородавчатый, вишня степная, шиповник, жостер слабительный, крушина ломкая, рябина, ракитник русский и др.

Большим разнообразием отличается **травянистый ярус**. Типичные лесные травы – ландыш майский, сныть обыкновенная, папоротник-орляк обыкновенный, медуницы узколистная и неясная, дремлики темно-красный и широколистный, земляника, фиалки, борщевик сибирский, разнообразные виды колокольчиков, бубенчик лилиелистный и др. Семейство злаков в лесных сообществах представляют мятлики, коротконожка перистая, бор развесистый, пырей ползучий, ежа сборная, вейники и др.

К относительно плодородным почвам приурочены и **липовые леса**. В состав древесного яруса помимо липы входят также дуб, осина, клен платановидный.

Довольно широкое распространение по всей территории области имеют осинники – на Самарской Луке, в Клявлинском, Челно-Вершинском, Сергиевском, Исаклинском и других районах.

В их травянистом ярусе наиболее часто встречаются сныть обыкновенная, ясмен-

ник пахучий, звездчатка ланцетовидная, реже – майник двулистный, вороний глаз четырехлистный и другие виды.

На бело-серых известняках и доломитах формируются леса со значительным участием березы. **Чисто березовые леса в области редки.**

Кроме вышеописанных лесов, занимающих преимущественно водоразделы и водосборы лесостепной зоны, на территории Самарской области встречаются участки лиственных лесов в степи, а также в поймах местных рек.

В поймах рек Сок, Кондурча, Б. Кинель, Самара, Б. Иргиз и других имеют распространение **пойменные леса**. Вблизи речного русла, на песчаных отложениях, заливаемых полой водой, распространены **ивняки.** Они представлены ивами трехтычинковой, белой, корзиночной и другими.

Леса нижней ступени типичной поймы с характерной гривистой поверхностью образованы тополевниками, ветляниками и вязовниками с участием клена татарского и зарослей кустарниковых ив.

Ветлово-осокоревые леса сменяются по поперечнику поймы **вязово-дубовыми.** Им обычно сопутствуют вязовники с участием дуба и ежевики, а на повышенных местоположениях – степные кустарники. Самую удаленную от речного русла к уступу первой надпойменной террасы часть поймы занимают **березово-ольховые леса**. В древостое кроме ольхи встречаются вяз и черемуха, а в подлеске – ива пепельная, смородина черная и калина обыкновенная.

Лесистость степной зоны в Самарской области крайне мала. Поэтому почвенный покров беззащитен перед ветровой и водной эрозией. Суховеи и ливни сносят с поверхности почвы частицы, богатые гумусом и минеральными солями. Вся покрытая лесом, вместе с искусственными насаждениями, площадь не превышает 70,5 тысячи га.

В степных балках, занимая их вершины, отвертки и днища, формируются **байрачные леса**. Древесный ярус обычно образует дуб. Деревья низкорослые и корявые. Дуб сопровождают вяз и клен татарский, а также кустарники - бересклет бородавчатый, спирея городчатая, карагана кустарниковая. На северных и северо-восточных склонах встречаются типичные лесные виды травянистых растений, а на южных – степные виды, например, ковыль, типчак и другие. По данным Самарского управления лесного хозяйства площадь под байрачными лесами составляет 16,5 тысячи га.

Небольшие степные колки со всех сторон окружают опушки, как травянистые, так и кустарниковые. Для последних характерно участие сомкнутых кустов миндаля низкого, вишни и сливы степной, караганы кустарниковой и спиреи городчатой. Травы лесных опушек разнообразны.

Большой ущерб лесонасаждениям приносит выпас скота, а в последние годы – все возрастающая рекреационная нагрузка.

Среди **искусственных лесов** степной зоны в Самарской области особое место занимают лесополосы, созданные в 1889-1906 гг. под руководством известного российского ученого-лесовода Н. К. Генко. Посажены они по водоразделам и успешно развиваются уже более 100 лет. Ленты леса шириной 639 м имеют общую протяженность более 150 км.

На водоразделах рек Сок и Падовка расположены Шиланские, Самары и Чапаевки – Дубовские и Тепловские, Чапаевки и Чагры – Камышинская, Безенчукская и Владимирские лесные полосы.

Они заметно изменили климат и гидрологический режим заволжских степей, защищают пашни от суховеев, препятствуют образованию оврагов. К основным породам, растущим в посадках, относятся дуб, ясени обыкновенный и зеленый, береза повислая, клен остролистный и сосна обыкновенная.

На территории Самарской области выделено более 300 памятников природы. Они представляют собой разнообразные объекты, такие как родники, речные истоки, степные сообщества, лесные кварталы, представляющие большую научную ценность.

Задание 1. Изучить и записать характеристику хвойных, лиственных, пойменных, байрачных лесов, искусственных лесополос Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 2.

Таблица 2

Леса Самарской области

№ п/п	Разновидности леса	Порода деревьев	Подлесок	Травяной ярус	Птицы	Животные
1						
2						
3						
4						
5						

Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняет лес?
2. Какую часть территории Самарской области занимают леса?
3. В какую региональную группу отнесены леса Самарской области?
4. Какие леса занимают самые сухие местоположения по вершинам песчаных холмов и их крутым выпуклым склонам?
5. Какие реликтовые растения можно встретить в Бузулукском бору?
6. Дайте сравнительную характеристику Муранского и Рачейского боров.
7. Какие виды дубрав встречаются на территории Самарской области?
8. Назовите видовой состав пойменного леса.
9. Назовите типичные лесные травы, с оставляющие травянистый ярус лиственного леса.
10. Характерная особенность деревьев байрачного леса?

Занятие 3. Степи. Луга Самарской области

Цель занятия: научиться различать разновидности степей: луговых, ковыльно-типчаковых, кустарниковых, каменистых, песчаных. Научиться различать разновидности лугов: пойменных, материковых, остепненных. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

Степи представляют собой травянистые, обычно лишенные деревьев, растительные сообщества, приуроченные к почвам черноземного типа. В составе этих сообществ главную роль играют ксерофитные виды растений.

В доагрикультурный период степи занимали большие площади не только в южной, но и в северной части области, где участки степной растительности чередовались с лесными.

В результате роста населения в Поволжье многие степные массивы послужили базой для развивающегося земледелия. В первую очередь распахивались выровненные водораздельные участки. Распаханные площади в Самарской области, как и в других областях юго-востока Европейской части нашей страны, довольно велики и составляют 70-80% от всей территории.

В соответствии с классификацией академика Е. М. Лавренко в Самарской области распространены луговые (северные) степи, настоящие или ковыльно-типчаковые (южные), а также особые типы степей – кустарниковые, каменистые и песчаные.

Луговые степи являются неотъемлемым элементом лесостепного ландшафта.

Типичные местообитания луговых степей в Самарской области приурочены к пла-

корам, где чередуется степная и лесная растительность по овражным склонам, а почвы представлены тучными и выщелоченными черноземами, суглинистыми и глинистыми по механическому составу.

Участки луговых степей сопровождают леса, образуя поляны и опушки. Они распространены в Кинельском, Сергиевском, Кинель-Черкасском, Похвистневском, Клявлинском и других районах области, расположенных севернее реки Самары.

Проблема сохранения оставшихся луговых степей заслуживает самого серьезного внимания. Чтобы сохранить леса степной зоны, совершенно необходимо сопровождение каждого такого массива лугово-степными сообществами в виде лесных опушек, полян, ограждающих лес от неблагоприятных воздействий.

На южной границе лесостепи луговые степи переходят в настоящие (ковыльно-типчаковые) степи через промежуточные ковыльно-разнотравные степи.

Настоящие (или ковыльно-типчаковые) степи являются зональным типом растительности степной зоны. В Самарской области они определяют облик больших пространств на водоразделах рек Самара, Б. Кинель, Чапаевка, Чагра и других крупных и мелких речных бассейнов. В составе степной растительности наиболее часто доминируют ковыли и типчак.

В настоящее время на выровненных плакорах выращиваются ценные сельскохозяйственные культуры, а площадь ковыльно-типчаковых степей значительно уменьшилась. Они сохранились в основном на крутых склонах, на пересеченной оврагами или промоинами местности, а также на водосборах, прилегающих к балкам и малым рекам. По-прежнему главным видом хозяйственного использования этих участков является выпас скота. Вместе с уменьшением степных массивов резко выросла пастбищная нагрузка, что зачастую приводит к нежелательным последствиям. Наблюдается уплотнение почвы, из состава травостоя выпадают многие виды из числа бобовых и разнотравья, причем в первую очередь исчезают редкие растения, ценные в научном и хозяйственном отношениях. Прогон и выпас скота способствуют заносу и распространению колючих, ядовитых, дурнопахнущих и сорных видов растений. Травяной покров становится разреженным и не может противостоять почвенной эрозии.

Кустарниковые степи в прошлом, наряду с луговыми, занимали видное место в ландшафте лесостепи, располагаясь на различных элементах рельефа. По свидетельству С. И. Коржинского они сплошь покрывали восточные и западные склоны, примыкая непосредственно к лесам. На склонах южной экспозиции они располагались полосой у подошвы и в нижней их трети, занимая «небольшие впадины и поперечные морщины».

В настоящее время участки кустарниковой степи на водоразделах сравнительно редки. Большая часть их расположена по местам, неудобным для хозяйственной эксплуатации – склонам речных долин и балок. Характерны участки кустарниковых степей на волжских склонах. Левый берег Волги образует выше г. Самары Сокольи горы. Их безлесные участки, особенно в верхней части, несут группировки кустарниковой степи. Памятником природы объявлен отрезок левого берега Волги между Коптевым и Студеным оврагами.

Каменистые степи представляют собой весьма своеобразный тип нагорно-ксерофитной растительности. Они встречаются по склонам гор, сыртов, речных долин и крупных балок. Такие степи есть в Жигулевских горах, на отрогах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, на склонах Общего Сырта, Сокских и Кинельских гор.

Располагаются данные степи на каменистых обнажениях с бедными, сильно смытыми почвами, имеющими чаще всего тяжелый механический состав.

Специфические условия определяют особенности растительного покрова, который весьма изрежен и характеризуется своеобразным видовым составом. Во флоре преобладают кальцефильные виды растений, а также устойчивые к интенсивному освещению, с сильно развитой корневой системой.

В сложении растительности каменистых степей, покрывающих склоны, утесы и

вершины Жигулевских гор, заметную роль играют злаки – овсец опустыненный, тонконог жестколистный и некоторые очень редкие для нашей области виды. К ним относятся шиверекия подольская и глобулярия (шаровница) крапчатая, которые занесены в Красную книгу. Здесь нередки и такие эндемичные виды, как тимьян жигулевский, молочай жигулевский, солнцецвет и целый ряд других интереснейших растений.

Песчаные (псаммофитные) степи появились в Среднем Поволжье с конца XVII – начала XVIII веков.

Песчаные грунты в нашей области, равно как и на других территориях Среднего Поволжья, могут нести не только сосновые боры, но и особый тип степной растительности, в котором преобладают псаммофитные виды растений, то есть песколюбы. У них обычно хорошо развита корневая система, некоторые виды образуют корневища, а в целом подземная масса корней этих растений пронизывает субстрат во всех направлениях и скрепляет его.

В связи с низким плодородием песчаных почв они не вызывали большого интереса и не подвергались воздействию человека. С расширением хозяйственной деятельности резко возросли площади вырубаемых лесов, в особенности сосновых, растущих на песчаных отложениях. На вырубках, пожарищах, при изреживании древостоя в травянистом покрове наряду с типичными боровыми видами начали поселяться и степные растения. Плохое восстановление степных сообществ вследствие жестких условий среды обитания, выпас скота и другие антропогенные и природные факторы повлекли за собой более широкое участие степных видов и обусловили образование песчаных степей.

Этот тип растительности характерен как для песчаных всхолмлений по окраинам сосновых боров нашей области, так и для ныне безлесных песков. Типичным примером могут служить песчаные степи в Борском районе вблизи районного центра в долине реки Самары.

Хотя песчаные степи используются как пастбища, но их кормовая ценность невелика. Интенсивный выпас скота на таких пастбищах приводит к быстрому разрушению растительного покрова, к последующим размывам и перевеиванию песков. К таким же результатам приводит и бесконтрольная езда населения на тракторах и тяжелых автомашинах помимо дорог в песчаной степи. Восстановление растительности происходит чрезвычайно медленно, поэтому сохранение псаммофитных степей имеет народнохозяйственное значение. Самым же эффективным методом закрепления песков было и остается лесоразведение.

Как уже отмечалось, в доагрикультурное время степи занимали обширные пространства, особенно в южной части области. С тех пор соотношение «рукотворного» ландшафта и «дикой» природы резко изменилось.

Распаханы плодородные черноземные и каштановые почвы, сократились пастбищные угодья. Данная тенденция продолжает усиливаться. При таком положении дел необходимо спасти от дальнейшего разрушения даже небольшие участки степной растительности, имеющие научно-познавательную и эстетическую ценность.

Одной из действенных мер сбережения естественных природных комплексов степей может служить выделение их в качестве памятников природы.

Охраняются интереснейшие комплексы каменистой и ковыльной степи в окрестностях села Чубовка Кинельского района. В том же районе охраняются степи, расположенные на склонах коренных берегов овражно-балочных систем (Каменный Дол, овраг Верховой) и другие.

Своеобразные луговые степи с доминированием ковыля красивейшего выявлены в Похвистневском районе (Березовая лесостепь в верховьях реки Аманак). Здесь отмечены виды растений, занесенных в Красную книгу.

В 1978 году в статусе памятника природы областного значения утвержден участок ковыльной степи на правом склоне суходола Теплый (Волжский район). Сотрудники Поволжской АГЛОС используют данный памятник как базу для наблюдения за водным ба-

лансом территории. Ряд памятников зарегистрирован также в Большеглушицком, Большечерниговском и других районах.

Отмечая роль памятников природы в сохранении генофонда степей, в то же время следует подчеркнуть, что их численность недостаточна. Необходимо взять под охрану истоки малых и средних рек (Аркалык, Большой Иргиз, Съезжая и др.), представляющих собой степные балки.

Луга

Луговая растительность в Самарской области не занимает больших площадей, но ее роль в природе и народном хозяйстве велика и разнообразна. Луга располагаются в долинах рек, в балках и оврагах, реже – на водоразделах. В зависимости от положения в рельефе они подразделяются на **пойменные (заливные) и материковые (водораздельные).** Луга представляют собой сообщества травянистых, главным образом, многолетних растений, приуроченных к условиям среднего увлажнения. Большинство луговых трав является мезофитами, что отражается на их внешнем облике. Представление о лугах всегда связывается с мягкой и сочной зеленью. В разгар лета обильно цветут многочисленные представители разнотравья. Каждому знаком аромат свежескошенной луговой травы и душистого сена.

В составе луговой флоры принято выделять четыре основные хозяйственные группы, такие как злаки, осоки, бобовые и разнотравье.

Главное место на влажных лугах занимают осоки. Наиболее распространенными являются осоки пузырчатая, заостренная, прямоколосая и другие. Низкое качество осокового сена и его плохая поедаемость объясняются жесткостью и грубостью побегов, а также малым содержанием питательных веществ.

В жизни луга особенно важны бобовые растения. Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, усваивающими атмосферный азот, бобовые способны синтезировать белковые вещества, в результате чего повышается качество получаемого сена. Ассортимент бобовых растений на лугах представлен разнообразными клеверами, чинами, люцернами, горошками и другими. При отмирании бобовые обогащают верхние слои почвы азотом и минеральными солями. Совместное произрастание злаковых и бобовых улучшает структуру почвы и повышает ее плодородие.

Травянистые растения луга, не относящиеся к перечисленным группам, называют разнотравьем. Обилие цветущих видов создает красочный аспект, сменяющийся неоднократно в течение вегетационного периода. Присутствие разнотравья в сене придает ему особый вкус и аромат. Среди разнотравья также встречаются ядовитые растения, вызывающие опасные отравления животных. В свежем виде особенно ядовиты лютик едкий, чемерица Лобеля, болиголов крапчатый, вех ядовитый и горчак ястребинковый.

На лугах преобладают преимущественно многолетние растения, размножающиеся вегетативно. Этому способствует регулярное сенокошение, которое проводится в одни и те же сроки, как правило, до обсеменения, в пору их массового цветения. Таким образом, большинство луговых трав не успевает дать зрелые семена. Кроме того, плотная дернина препятствует прорастанию семян, попадающих на поверхность луга. Малолетников здесь практически не встретишь, разве что попадутся полупаразитические растения – мытники, очанки и погремки.

Благодаря обильному вегетативному размножению, в осуществлении которого участвуют подземные органы растений, луговой травостой плотно сомкнут, а верхний слой почвы задернован.

Луговые сообщества меняют свой облик и характер в зависимости от увлажнения. В наиболее сухих условиях формируются **остепненные луга.** Само название их свидетельствует о том, что в травостое наряду с типичными луговыми мезофитами значительное место занимают степные растения.

Лишь изредка остепненные луга встречаются в речных долинах, они наиболее ха-

рактерны для материковых суходольных лугов. Остепненные луга приурочены к почвам, имеющим недостаточное увлажнение, преимущественно за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. На водоразделах они сопровождают лесные урочища, занимают лесные поляны, опушки и вырубки. Аналогичные по составу флоры и растительным группировкам луга можно встретить на террасах балок и долинах малых рек.

Растительные сообщества суходольных лугов отличаются разнообразием видового состава, в то же время характерной чертой для них является почти полное отсутствие осок. Обилие бобовых и разнотравья не дает увянуть ярким краскам в течение всего лета. Сменяя друг друга, здесь цветут многочисленные виды клевера, чины, шалфея, герань луговая, смолка, позднее распускаются гвоздики, девясил, нивяник – луговая ромашка, лабазник шестилепестный и многие-многие другие. Урожайность таких лугов не очень высока, но кормовые достоинства сена не вызывают нареканий.

Остепненные луга имеют сходство с луговыми степями. Во всяком случае, между ними существует целый ряд переходных сообществ, незначительно отличающихся друг от друга.

Растительные сообщества настоящих лугов в поймах наших рек довольно разнообразны. Фитоценозы с доминированием длиннокорневищных злаков расположены в основном в приречной зоне пойм Волги и ее крупных притоков. Правда, в волжской пойме их осталось немного в связи с затоплением значительных площадей водами Саратовского водохранилища. В настоящее время они представлены в основном костровниками – лугами с доминированием костреца безостого. В создании злаковой основы также участвуют пырей ползучий, мятлики узколистный и болотный, ежа сборная и полевица побегообразующая. Из бобовых обычны чина луговая, лядвенец рогатый, люцерна хмелевидная. Разнообразна группа разнотравья. В нее входят девясил британский, пижма обыкновенная, василистник малый, пусторебрышник Фишера и другие растения, создающие неповторимый колорит луга.

Костровники используются как сенокосные угодья, а после скашивания как пастбища. В средней зоне типичной поймы характер луга изменяется. Преимущество над другими злаками получает лисохвост луговой, который является здесь доминантом растительных сообществ. В маловодные годы лисохвост изреживается, становится низкорослым, при этом значительно падает урожайность луга.

Луга этой группы достаточно высокоурожайные, но качество сена не всегда удовлетворительное вследствие высокой доли крупнотравья, грубые стебли которого не поедаются сельскохозяйственными животными.

Луговая растительность в основном обязана своим происхождением деятельности человека. Как на заливных, так и на суходольных лугах и сейчас встречаются поодиночке или небольшими группами деревья и кустарники. Возобновлению леса на лугах в современный период препятствует ежегодное сенокошение, а плотная дернина не позволяет прорастать семенам деревьев и трав.

Средневолжские луга служат хорошей кормовой базой для животноводства. Однако их роль как источника ценных кормов в последнее время значительно снизилась. Это объясняется как отторжением водораздельных и пойменных территории вследствие распашки земель и затопления, так и нерациональным использованием сохранившейся луговой растительности. Бессистемная эксплуатация кормовых угодий приводит к таким нежелательным явлениям, как заболачивание и засоление. Выпас скота приводит к засорению травостоя, уплотнению верхних горизонтов почвы, вытаптыванию и образованию кочек. Многократное стравливание ослабляет кормовые растения, и они выпадают из травостоя. Распространяются виды, которые не поедаются скотом, увеличивается число сорных, колючих и ядовитых видов растений. Преградой на пути их дальнейшего расселения является скашивание травостоя до обсеменения растений. Особенно большой вред наносит лугу весенний выпас. Исторически луга служили для получения высококачественного сена. С целью их сохранения необходимо ограничить или полностью исключить выпас

скота на луговых угодьях.

Повышение продуктивности луговых сообществ может осуществляться путем установления оптимальных сроков сенокошения, раскорчевки кустарников, внесения минеральных удобрений и подсева ценных луговых растений. Между тем, попытки улучшения луговых ценозов в пойме Волги путем посева многолетних трав – костреца и люцерны – не дали положительных результатов. Луга являются излюбленным местом отдыха горожан и сельских жителей. Однако рекреационная нагрузка на них нередко бывает чрезмерно высокой, что также приводит к деградации лугового травостоя.

Задание 1. Изучить и записать характеристику степей и лугов Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 3.

Таблица 3

Степи и луга Самарской области

№ п/п	Название степей и лугов	Географическое положение	Почвы	Растительность	Птицы	Животные
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Контрольные вопросы

1. Укажите расположение луговых степей в Самарской области и их особенности.
2. Причина уменьшения площадей настоящих (или ковыльно-типчаковые) степей.
3. Назовите памятник природы, находящийся на левом берегу Волги между Коптевым и Студеным оврагами.
4. Укажите местоположение песчаных (псаммофитных) степей в Самарской области.
5. Какие четыре основные хозяйственные группы принято выделять в составе луговой флоры?
6. Укажите характерную особенность растительных сообществ суходольных лугов.
7. Назовите группу разнотравья остепненных лугов.
8. Укажите способы повышения продуктивности луговых сообществ?

Занятие 4. Растительность водоемов Самарской области

Цель занятия: научиться различать экологические группы растительности водоемов Самарской области.

Велика роль растений в жизни водоемов. Образуя огромную биомассу, они являются кормом для многих обитателей вод, их заросли создают убежища, служащие местом нагула молоди промысловых рыб и гнездования водоплавающих птиц.

Растения ослабляют волнение воды и препятствуют размыванию берегов. В летнее время, в процессе фотосинтеза, они обогащают воду кислородом, необходимым для дыхания большинства обитателей водоемов.

Целый ряд **прибрежно-водных растений**, таких как тростник, камыш, рогоз и некоторые другие, используются в качестве строительного и плетеночного материала. Среди растений водоемов есть виды съедобные, лекарственные, ядовитые, медоносные, содержащие дубильные вещества, а некоторые могут быть использованы в качестве корма сель-

скохозяйственных животных. Некоторые виды являются индикаторами качества воды. Растения хорошо очищают воду от различных вредных примесей, выполняя роль мощных биологических фильтров, имеют большое декоративное значение.

В то же время ежегодное массовое отмирание растений способствует быстрому заиливанию водоемов, ведет к их заболачиванию и обмелению.

В водоемах Самарской области и по их сырым берегам произрастают 134 вида травянистых растений, а также разнообразные влаголюбивые деревья и кустарники.

Растения водоемов в зависимости от характера их местообитания **можно разделить на шесть экологических групп**.

Временно погруженные укореняющиеся растения – это виды, растущие на влажных почвах побережий и на небольшой глубине в воде. Типичными представителями являются различные осоки, авран лекарственный, дербенник иволистный, калужница болотная, лютики ползучий и ядовитый, полевица побегообразующая и многие другие.

Более влаголюбивой группой являются **воздушно-водные или амфибные растения.** Это тростник обыкновенный, камыш озерный, ежеголовники, рогозы, сусак зонтичный и другие.

Растения, укореняющиеся в грунте дна водоема и имеющие листья, плавающие на поверхности воды, представляют кувшинки и кубышки. К этой же группе растений относятся горец земноводный, рдесты и водяной орех или чилим.

Водяной орех был широко распространен в теплых водоемах третичного периода, о чем говорят многочисленные находки его остатков в древних торфяниках. В настоящее время водяной орех на территории нашей страны встречается спорадически, тяготея к стоячим и слабопроточным водоемам, хорошо прогреваемым солнцем и не подверженным сильному волнению воды.

Водяной орех – ценное растение. Плоды его употребляются в пищу в качестве лакомства, а в прежние годы нередко использовались как основной продукт питания в свежем, вареном и жареном виде. Заросли поглощают гнилостные запахи болот и оздоровляют воздух, создают неблагоприятные условия для развития личинок малярийного комара. Плоды используются в народной медицине. Их охотно едят бобры, кабаны, гуси и утки.

Водяной орех занесен в Красную книгу, на территории Самарской области естественные заросли его не встречаются. Разведение водяного ореха удалось осуществить лишь в 1972 году. Заливы Саратовского водохранилища с уникальными зарослями водяного ореха следует беречь и охранять.

Еще более связана с водной средой группа **растений, погруженных в воду и прикрепляющихся ко дну водоема.** Весьма интересна элодея канадская, родина которой Северная Америка. В 1863 году это растение было занесено в Ирландию, откуда начало быстро расселяться по Западной Европе. На Волге впервые найдено в 1885 году профессором Саратовского университета Д. Е. Янишевским. В 1892 году элодея была занесена на Урал в окрестности г. Екатеринбурга. В последние годы отмечена и на Дальнем Востоке. В настоящее время в волжских пойменных озерах элодея является самым обычным, широко распространенным растением, нередко образует обширные заросли. Европейские особи имеют только пестичные цветки.

К группе растений, свободно плавающих на поверхности воды, не имеющих связи с дном водоема, принадлежат водокрас обыкновенный, водяной папоротник – сальвиния плавающая, многокоренник обыкновенный, а также ряски малая и горбатая.

Ряски служат пищей для многих обитателей вод, играют значительную роль в круговороте веществ в водоемах. Эти растения в короткий промежуток времени могут занять большие площади водной поверхности. В народной медицине некоторые ряски используются при лечении ревматизма. В последние годы используются при очистке сточных вод.

К последней, **шестой экологической группе относятся растения, погруженные в воду и не прикрепляющиеся ко дну водоема.** Наиболее обычным представителем

группы является ряска трехдольная, которая плавает не на поверхности воды, а в ее толще, печеночный мохриччия, часто разводимый в комнатных аквариумах, а также насекомоядное растение пузырчатка.

Большинство наших водоемов в зимнее время не промерзает до дна, так как температура воды в придонных слоях обычно не бывает ниже +4°С. В связи с этим на дне водоема зимуют многие водные растения (ряски, роголистник, многокоренник, телорез), опускающиеся сюда с наступлением осенних холодов.

На формирование растительности водоемов огромное влияние оказывают глубина воды, грунт дна, отсутствие или наличие течения, колебания уровня воды, волнобой и некоторые другие.

В водоемах области растительные сообщества располагаются в определенной последовательности.

Изредка на местных водоемах наблюдается образование такого плавающего сообщества как **сплавина**, весьма характерного для более северных районов России. Сплавина представляет собой растительную группировку в виде «ковра», плавающего на поверхности воды. Он состоит из переплетенных корней и корневищ водно-болотных растений и полусгнивших растительных остатков.

Влияние хозяйственной деятельности человека на растительность побережий и озерных котловин местных водоемов весьма велико и разнообразно.

На их берегах производится кошение травы и выпас скота, осуществляется рубка прибрежных деревьев и кустарников. Нарушается травяной покров побережий водоемов, являющийся важным фактором в укреплении почв от размывания.

Древесно-кустарниковые сообщества имеют большое водоохранное значение, способствуют укреплению берегов от размывания, особенно в период паводка. Рубку деревьев и кустарников следует свести к минимуму или полностью прекратить.

Недопустимо производить распашку территории на берегах водоемов, до уреза воды. Дождевые потоки и талые воды уносят большое количество почвенных частиц, что приводит к обмелению и зарастанию водоемов.

Воздушно-водная и водная растительность подвергается сильным изменениям при чрезмерном заборе воды на орошение и другие хозяйственные нужды, разведении сверх допустимых норм водоплавающей птицы, сбрасывании в воду различных хозяйственных отходов, загрязнении сточными водами. Особенно недопустимы нарушения гидрологического и гидрохимического режимов водоемов, имеющих важное научное и эстетическое значения, являющихся памятниками природы.

Уже в настоящее время в окрестностях городов и других крупных населенных пунктов области практически полностью истреблены кувшинки и кубышки, цветки которых собираются населением на букеты. Они вянут еще в дороге, а затем безжалостно выбрасываются.

Большой вред растительному и животному населению водоемов наносит создание на малых реках временных грунтовых плотин, которые легко размываются. Река в итоге заиливается и мелеет, гибнут прибрежно-водные и водные растения, исчезает рыба. Сиюминутная выгода оборачивается трагедией для животного и растительного населения малой реки. Следующим летом создаются новые плотины и все повторяется.

Согласно решению Комиссии по редким и исчезающим видам Международного союза охраны природы и ее ресурсов, все растения должны быть отнесены к одной из следующих категорий: 1) по-видимому, исчезнувшие, 2) находящиеся под угрозой исчезновения, 3) редкие, 4) сокращающиеся, 5) неопределенные.

К группе, по-видимому, исчезнувших относятся виды, не встреченные в природе в течение ряда лет, но возможно уцелевшие в отдельных местах. Это вольфия бескорневая, указываемая для прудов г. Самары в последнем издании П. Ф. Маевского (1964), но никем из ботаников на территории Самарской области не встречаемая. К этой же группе относится пион тонколистный, найденный профессором Самарского госуни-

верситета Т. И. Плаксиной на границе с Ульяновской областью, а также плаун булавовидный, отмеченный тем же автором в окрестностях г. Тольятти. Ботаниками Самарского государственного педагогического университета во время экспедиции 1994 года в районе села Смолькино Сызранского района был обнаружен дифазиаструм сплюснутый.

Более многочисленной является **группа растений, находящихся под угрозой исчезновения.** К ней относятся виды, подвергающиеся непосредственной опасности вымирания, дальнейшее существование которых невозможно без осуществления специальных мер охраны.

К этой группе в основном принадлежат растения заметные, с яркими красивыми цветками, такие, как кувшинка белая, кубышка малая, ирисы водный и карликовый, кувшинка четырехгранная, кубышка желтая, белокрыльник болотный, рябчик русский, адонис весенний, купальница европейская, башмачок настоящий, любка двулистная, пыльцеголовник красный, лилия-саранка и многие другие.

Большинство из перечисленных видов можно с полным основанием отнести и к группе растений, сокращающих свой ареал по естественным причинам или из-за вмешательства человека, либо из-за того и другого одновременно.

Наиболее многочисленную группу растений составляют редкие виды, не подвергающиеся прямой угрозе исчезновения, но встречающиеся в небольшом количестве или в ограниченных по площади и специализированных местах обитания. К ним относятся шиверекия подольская, роголистник донской, лютик бокоцветный и ряд других.

Перечисленные растения из-за своего скромного вида не привлекают внимания «любителей природы», поэтому уничтожаются случайно, в местах нарушения местообитаний, вследствие избрания данного места для купания, водопоя скота и т. д.

Задание 1. Изучить и записать экологические группы растений водоемов Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 4.

Таблица 4

Растения водоемов Самарской области

№ п/п	Экологические группы растений	Растения
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Контрольные вопросы

1. Какой процесс способствует быстрому заиливанию водоемов, ведет к их заболачиванию и обмелению?
2. Сколько экологических групп растений водоемов насчитывается в зависимости от характера их местообитания?
3. Назовите временно погруженные укореняющиеся растения?
4. Какие растения относятся к более влаголюбивой группе?
5. К какой экологической группе относятся кувшинки и кубышки?
6. Какая растительная группировка называется сплавиной?
7. Влияние хозяйственной деятельности человека на растительность побережий и озерных котловин местных водоемов.
8. Какие виды растений относятся к группе, не встреченные в природе в течение ряда лет?
9. Какая группа растений, находится под угрозой исчезновения?

Занятие 5. Беспозвоночные и позвоночные животные Самарской области

Цель занятия: научиться различать классы и виды беспозвоночных и позвоночных животных Самарской области. Научиться различать отряды и виды рыб Самарской области. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

Животные – самая динамичная часть живой природы, один из неотъемлемых ее компонентов. Они являются важным звеном в природных комплексах, принимают активное участие в круговороте веществ.

Мир животных оказывает эмоциональное воздействие на человека: звуками и движениями животных наполнены все природные уголки.

Морально-этические нормы по отношению к животным и природе в целом входят в современное понятие экологической культуры, без которой беднеют природные богатства.

Творческие силы природы воплотили в эту группу животных самое большое разнообразие видов, наибольшее богатство жизненных форм и максимальное число вариантов участия в круговороте веществ в природных комплексах. Например, без пчел, шмелей и некоторых других насекомых поблекнут ландшафты, обеднеет земля, померкнет живая прелесть природы. Ведь около 90% цветковых растений опыляются насекомыми (осы, пчелы, шмели, многие бабочки и жуки, некоторые мухи и комары).

Лишь **одноклеточных животных** (простейших) известно свыше 30 тыс. видов. Они обычны в водоемах и почве, где перерабатывают органику, продуцируют вещества, стимулирующие рост микроорганизмов, корней растений, благоприятно влияют на химизм почвы. Это **амебы, инфузории, сувойки, вольвоксы и др.**

Примитивными многоклеточными животными являются **губки.** В области их 2 вида: бодяга речная (эфидеция) и озерная. Поселяясь на камнях, корягах, сваях, затонувших древесных стволах, они являются биологическими фильтрами воды.

Двумя видами представлены в области и **кишечнополостные животные**. Это **гидры обыкновенная и зеленая**. Живут во всех типах наших водоемов, но в чистой и теплой воде, прикрепившись к водным растениям. Питаются инфузориями, дафниями, циклопами и др.

На территории области живет около **93 видов моллюсков** – прудовики (обыкновенный, малый, ушковый), катушки (роговая, килевая, окаймленная), улитки (янтарная, лужанка), слизни (полевой, сетчатый).

Двустворчатые: перловицы (толстая, вздутая), беззубки (рыбья, гладкая и др.), шаровки (ручьевая, прочная и др.), дрейссена, монодакна – активные фильтраторы воды.

Видовое разнообразие приходится на **тип членистоногих**. Эти животные населяют все типы биотопов и играют важную роль в функционировании природных систем.

Класс ракообразных представлен **139 видами** (дафнии, циклопы, щитни и др.). Речной рак, бокоплав, мокрица относятся к высшим ракам.

Мокрица и на суше дышит жабрами. Многие ракообразные – излюбленный корм рыб.

В области насчитывается более **373 видов паукообразных** – членистоногих, населяющих водоемы (серебрянка), побережья (вязальщик, доломедес), луга (паук цветочный), лесные опушки (крестовик), степные участки (тарантул южно-русский, паук-волк).

Извечным спутником человека является паук домовый. Пауки – один из природных регуляторов численности многих видов насекомых.

Ближайшие родственники пауков – **клещи**. Их в области около **154 видов.** Многие клещи (грушевый, паутинный, прозрачный, смородиновый) сосут соки растений, паразитируют на животных и человеке (гидрахна, варроа, клещ таежный) или являются хищниками (клещ-пион).

Обилием видов и многочисленностью особей поражает **класс насекомых.**

Мировая энтомофауна насчитывает около 2 млн. видов, из которых не менее **30 тыс. видов** встречаются в Самарской области.

Четырьмя видами представлены в области **кишечнополостные животные.** Это свободноживущие **гидры** и паразит осетровых рыб **полиподиум гидроподобный.**

Широкораспространенными обитателями почв являются **коллемболы** – мелкие (0,5-5,5 мм) первичнобескрылые насекомые. Они способствуют разложению органических остатков, включая трупы животных и человека. В конечном итоге коллемболы (ногохвостки) играют важную роль в почвообразовании. В области описано около 50 видов.

Тесно связана с водой жизнь **стрекоз.** Они откладывают яйца на стебли водных растений. Личинки стрекоз – хищники, живут в воде. Взрослые особи имеют стройное, ярко окрашенное тело с длинным брюшком и двумя парами прозрачных крыльев. Самые красивые наши стрекозы – красотка блестящая и красотка-девушка, а самыми крупными являются стрекозы-коромысла. В области известно **46 видов стрекоз**, однако многие становятся редкими.

Среди полутора десятков отрядов насекомых, представители которых встречаются в области, видовым богатством отличается **отряд жесткокрылых.** Около **10 тысяч видов жуков** обитают у нас на поверхности земли, в почве, воде, на деревьях и в пещерах. Но и в этой группе становится все больше редких, исчезающих видов. К ним относятся усач альпийский – реликт третичного периода, жук-олень, восковик-отшельник, тимарха четырехпятнистая, несколько видов крупноглавов, скрытоглавов и др.

В старину божью коровку любовно называли «солнышком». Не только яркая окраска, но и полезная деятельность этих некрупных жуков таким образом давно были оценены нашими предками. И в наши дни эти симпатичные «козявки» играют большую роль как стражи лесов и садов, являясь активными регуляторами численности тлей и других сосущих растительные соки насекомых.

Продолжая повествование о **насекомых-реликтах** (остатках былых фаун) волжской природы, укажем крупного кузнечика-дыбку степную (отряд прямокрылые), достигающую в длину 8 см. Своими повадками этот типичный представитель степной фауны больше напоминает богомолов, чем кузнечиков и испытал грустную судьбу животных – коренных степняков. Этот вид, как и усач альпийский, внесен в Красную книгу РСФСР.

Опасность столь грустной перспективы лавинообразно возрастает для многих видов **бабочек (отряд Чешуекрылые**). Все реже стали встречаться ослепительные по своей красоте аполлон, махаон, подалирий, поликсена (семейство парусники).

Из **семейства голубянок** редкими стали голубянки мелиагр и орион, а также такие бабочки, как зорька эвфема, мирмидона, боярышница (семейство белянки), сатир аретуза, глазок цветочный, мнемозина, вирабий, сатир Антея, Альциона сатир, сатир крупноглазка, бархатка (семейство сатириды), разнокрылка-морфей (семейство толстоголовки), ленточники тополевый и феба, адмирал, павлиний глаз, траурница (семейство нимфалиды).

Некоторые из указанных бабочек (аполлон, мнемозина и др.) занесены в Красную книгу РСФСР.

Из **ночных бабочек** в области стали особенно редкими бражники – мертвая голова, вьюнковый, молочайный и сиреневый, а также медведицы желтокрылая, крапивная, Геба, пурпурная и медведица-цейа (семейство медведицы), павлиноглазка рыжая (семейство павлиноглазки), пяденицы большая и зеленая (семейство пяденицы), ленточницы желтая, голубая и пурпурная (семейство совки), вилохвост буковый, Церура (семейство хохлатки).

Многие из названных бабочек рекомендованы к включению в новое издание Красной книги России.

Исключения не составляют и **перепончатокрылые насекомые** – муравьи, рогохвосты, сколии, аммофилы, пчелиные, осы.

В Среднем Поволжье известно **300 видов диких пчелиных**. В апреле появляются ранневесенние виды. Им на смену приходит основная масса пчелиных – весенне-летние и

летние виды. Среди последних и появляются основные опылители бобовых и сложноцветных растений.

Например, перекрестное опыление подсолнечника осуществляют главным образом пчелиные – наряду с домашней пчелой, различные виды мегахил и шмелей. Проблему семеноводства люцерны нельзя решить без диких пчелиных.

Однако и эта группа полезнейших насекомых в последние годы несет заметные потери в видовом составе или снижается численность особей многих видов. Показательной группой этой нежелательной тенденции являются **шмели.**

По данным Н. Н. Благовещенской, в Среднем Поволжье встречается **26 видов шмелей**. Но численность многих шмелей резко понизилась из-за целого ряда причин, наиболее очевидными из которых являются исчезновение разнотравных участков вследствие сплошной распашки земель и неумеренное использование химических мер борьбы с вредными насекомыми.

Шмели каменный, дупловой, лесной, норовый и ряд других стали в нашей области большой редкостью. А шмель степной занесен в Красную книгу РСФСР. Его численность оказалась крайне низкой вследствие сплошной распашки степей.

В плане мер охраны Красная книга рекомендует обеспечить сохранение мест гнездования шмеля степного, ограничить химическую обработку сохранившихся степных угодий, запретить ловлю шмелей и разорение их гнезд.

Как видим, примеров, убеждающих в необходимости не только экологически грамотного отношения к насекомым, но и перехода к организации практических мер их привлечения и охраны в Самарской области, более чем достаточно.

Рыбы – важнейшее звено в ценотических связях водных биоценозов, господствующая в них группа позвоночных животных. Неразрывность связи животных со средой обитания своеобразно выразил М. М. Пришвин. В его замечательной книжечке «Незабудки» мы читаем: «Если будет вода, и в ней не будет ни одной рыбки – я не поверю воде. И пусть в воздухе кислород, но не летает в нем ласточка – я не поверю и воздуху. И лес без зверей с одними людьми – не лес...»

Рыбы – активные потребители колоссальных масс органического вещества, которые утилизируются человеком через рыб. Поэтому экономика ряда стран в значительной мере базируется на рыбном промысле.

Эти водные позвоночные животные издавна были желанным гастрономическим объектом на столе человека. Средняя Волга является частью знаменитого Волго-Камского рыбохозяйственного района, в котором добывается более половины общероссийского улова судака и леща, почти три четверти улова воблы и более половины мирового улова осетровых рыб.

В сравнительно недалеком прошлом основу рыбных запасов Средней Волги составляла «красная» рыба – осетровые и каспийские лососи, которые ценились значительно дороже «белой» рыбы – леща, щуки и др. «Красная» рыба находила сбыт не только на внутреннем рынке, но и являлась важным экспортным товаром.

Со второй половины XIX века начали славиться проходные сельди – волжская и особенно черноспинка, мощные косяки которой приходили на нерест на Среднюю Волгу.

Общий процесс оскудения рыбных запасов, ставший наиболее заметным с середины XX века, обусловлен тремя факторами, связанными с деятельностью человека:

1. Отравление, загрязнение, изменение кислородного и кормового режима водоемов, что является следствием спуска в них промышленных и бытовых загрязненных сточных вод.

2. Гидротехническое строительство. Оно вызывает изменение режима стока рек, преграждает путь проходным рыбам к нерестилищам.

3. Перелов рыбы, т. е. вылов большего количества, чем ее воспроизводится. Сюда же можно отнести и браконьерство.

Указанные факторы оказали решающее влияние на состояние рыбных запасов в области.

Они, особенно первый, привели великую русскую реку к состоянию, близкому к экологической катастрофе. Из волжской воды можно извлечь все элементы таблицы Д. И. Менделеева.

Состояние других рек (их в области 136 с общей протяженностью 4410 км) также остается неудовлетворительным. Река Самара загрязняется отходами гальванического производства, Б. Кинель отравляется стоками Тимашевского сахарного комбината. Особенно напряженная экологическая обстановка сложилась на реке Чапаевке в районе г. Чапаевска.

Не единичны случаи распашки поймы и складирования навоза по берегам рек. Низкая культура внесения удобрений приводит к тому, что значительная их часть попадает в водоемы и отравляет их.

Загрязняет воду водный и автомобильный транспорт. Мало внимания в области уделяется облагораживанию озер и прудов, их берегов.

Постоянный рост численности рыбаков и рыболовов-браконьеров также не способствует улучшению жизни наших рыб.

Все это привело не только к сокращению численности особей многих видов рыб, но и к исчезновению из ихтиофауны области белуги, осетра русского, севрюги, шипа, лосося каспийского, белорыбицы, сельди волжской, каспийского пузанка и шемаи.

В настоящее время в водоемах Самарской области обитает **50 видов рыб**, относящихся к **16 семействам**, распределенных систематиками в 10 отрядов. Некоторые отряды представлены лишь несколькими видами, а из осетрообразных встречается у нас лишь стерлядь.

Видовое разнообразие рыб водоемов области сосредоточено **в отряде карпообразных.** К нему относится **31 вид**, распределенный в **20 родов**: лещи (лещ, белоглазка, синец), густера, плотва, красноперки, гольяны (обыкновенный и озерный, подвид – средневолжский), жерехи, ельцы (елец обыкновенный, голавль, язь), лини, подусты, пескари (обыкновенный и белоперый), быстрянки, верховки, уклейки, чехони, горчаки, караси (золотистый, серебряный), сазан (карп – одомашненная форма сазана), а также амуры (белый) и толстолобики (белый и пестрый – большеголов) и буфало (малый, большой и черный). Рыбы последних трех родов являются вселенцами как результат деятельности человека.

Многие карповые рыбы (лещ, густера, елец, пескарь и др.) питаются беспозвоночными животными, обитающими в грунте или на различных субстратах (растения, камни, подводные предметы). Другие карповые (быстрянка, верховка, уклейка, чехонь) питаются зоопланктоном и воздушными насекомыми, попавшими на поверхность воды. Третья группа карповых (голавль, гольяны, плотва, язь и др.) в свое «меню» включают разнообразных животных и растительные корма. Исключительно растительноядных или хищных видов рыб среди карповых немного. Молодь карповых рыб, как правило, питается зоопланктоном и, гораздо реже, мелким зообентосом – микроскопическими или донными организмами.

Большинство карповых рыб имеет большое промысловое значение. Многие из них являются объектом лова рыболовов-любителей.

Промысловая статистика показывает, что в настоящее время по наибольшему удельному весу в уловах ведущее место принадлежит лещу, плотве, синцу.

Плотва обыкновенная образует много подвидов, один из которых – сорожка (серушка) представляет собой полностью пресноводную форму, распространенную в водоемах нашей области. Плотва отличается крупной чешуей (менее 50 в боковой линии), оранжевой окраской радужки глаз и наличием красного пятна в верхней их части. Нерестится, достигнув возраста 3–5 лет (при длине тела около 12 см), в конце апреля – начале мая на разливах рек и озер. Икра (2,5-100 тыс. икринок) откладывается на подмытые кор-

невища, прошлогоднюю траву и т. п. В отношении условий размножения и питания плотва оказалась пластичным видом. Например, массовое размножение в водохранилищах двустворчатого моллюска дрейссены явилось благоприятным фактором для плотвы, которая, достигнув 13-15 см в длину, начинает активно питаться дрейссеной и быстро расти. Наибольшая длина тела 30 см, а масса 600–800 г. На долю плотвы в учетных уловах в Куйбышевском водохранилище приходится более 22%, в Саратовском – около 9%.

Лещ отличается высоким телом, полунижним ртом, удлиненным анальным плавником, в котором 24–29 ветвистых лучей. Все плавники серые. Максимальная длина тела 45 см, масса до 3 кг. Начинает нереститься в 5-8-летнем возрасте (при длине тела ок. 30 см), при температуре воды 12–15°С в мае – начале июня, хотя у полупроходных лещей самцы половой зрелости достигают на 3-м году жизни, а самки – на 4-м. Икру (в среднем 100-150 тыс. икринок) самка мечет на мелководье, с шумными всплесками и выпрыгиванием из воды. Многоводные годы с высокими паводками – одно из условий для успешного нереста леща. В промысловых уловах в Саратовском водохранилище достигает 49%, а в Куйбышевском – 25% от всех пойманных рыб.

Синец **–** ближайший родственник леща. Получил название из-за того, что спина отливает синевой. Рот в виде направленной вверх косой щели. Анальный плавник длиннее, чем у леща (35-44 ветвистых луча), грудные плавники с желтизной и черноватой каймой. Созревает в возрасте 4-5 лет (при длине тела 18-20 см). Икру откладывает на растения. Плодовитость 4,2-25,4 тыс. икринок. Сроки нереста, как у леща. Достигает в длину 30 см и массы 600 г. В зарегулированных водоемах количество зоопланктона – пищи синца, увеличивается, в этой связи численность и темп роста синца возрастают, повышается его упитанность. Он приобретает промысловое значение, особенно в Саратовском водохранилище, где его доля в уловах достигла 19% (в Куйбышевском – 5%).

Наряду с этими ценными промысловыми рыбами в области являются сазан (карп), жерех, чехонь. К этому же ряду относятся вьюн обыкновенный, голец и щиповка (семейство вьюновые).

Отряд окунеобразных по видовому разнообразию заметно уступает карпообразным. В пределах области к нему относится лишь **9 видов** (берш, ерш, окунь, судак, бычки-кругляк, пуголовки каспийская и звездчатая, подкаменщик обыкновенный, головешка (ротан).

Другие отряды в видовом отношении бедны: лососеобразные (форели ручьевая и радужная, ряпушка, пелядь, корюшка европейская (снеток), сельдеобразные (сельдь – черноспинка, тюлька), и по одному виду имеют отряды иглообразные (игла-рыба каспийская), сомообразные (сом обыкновенный), трескообразные (налим), угреобразные (угорь речной) и щукообразные (щука обыкновенная).

Задание 1. Изучить и записать классификацию беспозвоночных животных Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 5.

Таблица 5

Беспозвоночные животные Самарской области

№ п/п	Класс беспозвоночных животных	Вид беспозвоночных животных
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Задание 2. Изучить и записать отряды и виды рыб Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 6.

Таблица 6

Рыбы Самарской области

№ п/п	Отряды рыб	Вид рыб
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Контрольные вопросы

1. Назовите одноклеточных животных (простейших).
2. Назовите представителей отряда жесткокрылых.
3. Какие насекомые-реликты наблюдаются на территории Самарской области.
4. Назовите исчезающие виды отряда чешуекрылых?
5. Какие представители ночных бабочек в области стали особенно редкими?
6. Причины снижения рыбных запасов Средней Волги. Отходами, каких производств загрязняются реки Самарской области?
7. Какое количество видов и семейств рыб обитает в водоемах Самарской области?
8. Назовите видовой состав рыб, относящихся к отряду карпообразных?
9. Какие немногочисленные отряды рыб встречаются в водоемах Самарской области?

Занятие 6. Земноводные и пресмыкающиеся Самарской области

Цель занятия: научиться различать классы и виды земноводных и пресмыкающихся Самарской области. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

Отношение человека к этим позвоночным особенно тесно связано с настоятельной необходимостью экологизации его мышления, воспитания экологической культуры, преодолением односторонней трактовки значимости животных с утилитарно-практических позиций полезности или вредности. В настоящее время значение какой-либо группы организмов оценивается ее ролью в функционировании биологических систем, участием в выполнении основного назначения животных в биосфере - преобразовании (трансформации) и транспортировке живого вещества. С этих же позиций начинают рассматриваться в наши дни земноводные и пресмыкающиеся. В трофике этих организмов во взрослом состоянии доминирует животноядность (доля растительного компонента в пище амфибий составляет от 1,1% (жерлянка краснобрюхая) до 21% (жаба серая). Поэтому они выполняют особую, вполне самостоятельную роль, как массовые хищники второго и - третьего порядков, участвуя, таким образом, в жизни высших звеньев трофических цепей биогеоценозов.

В пищу земноводных входят различные насекомые (долгоносики, жужелицы, хрущи, чернотелки, щелкуны, гусеницы разнообразных бабочек и др.), пауки, панцирные клещи, многоножки, дождевые черви, моллюски и другие беспозвоночные. Среди них немало переносчиков различных заболеваний и промежуточных хозяев паразитических червей (комары, моллюски и др.), вредителей сельского и лесного хозяйства. Активно поедая этих насекомых, земноводные оказывают существенное регулирующее влияние на их численность в приземном травянистом ярусе и подстилке, особая роль в уничтожении комаров принадлежит жерлянкам и тритонам.

Растительноядные личинки земноводных питаются, главным образом, водорослями. Головастики лягушки прудовой и чесночницы активно потребляет водоросли, вызывающие «цветение» воды - нежелательное, но широко распространенное явление в наших водоемах.

В отличие от птиц, земноводные поедают беспозвоночных животных с дурным запахом, едким и неприятным вкусом (кивсяки, клопы, жужелицы, листоеды и др.) и с отпугивающей окраской (журчалки, клоп-солдатик, коровка семиточечная и др.).

Пик активности кормодобывающей деятельности большинства земноводных и пресмыкающихся приходится на сумеречное и ночное время, когда многие птицы спят.

Не следует забывать, что земноводные являются кормовой базой для многих, в том числе, промысловых животных. Согласно новейшим данным, они входят в число пищевых объектов 11 видов рыб (щука, сом и др.), 120 видов птиц (аисты, цапли, хищные птицы, сорокопуты и др.), 32 видов млекопитающих (барсук, хори, выдра, норки и др.). Наряду с этим, 9 видов земноводных при случае не прочь пообедать своими сородичами или особями других видов амфибий и рептилий.

Все-таки человек склонен говорить о практическом значении той или иной группы животных. Что же, напомним, что биологические яды - лучшее сырье для фармацевтической промышленности, как показали недавние исследования, яд жабы зеленой перспективен для создания противошоковых препаратов и средств, возбуждающих дыхание и кровообращение человека.

В Волжско-Камском крае их добывается более 100 тысяч, а в СНГ - более 1 миллиона. Лишь Самарский мединститут заготовляет 15 000 лягушек ежегодно. Легко понять, почему в природе встретить лягушку в возрасте 5 лет трудно, хотя в неволе они часто доживают до 15 лет.

В Самарской области обитает 11 видов земноводных (тритоны обыкновенный и гребенчатый, жабы серая и зеленая, лягушки озерная, прудовая, съедобная остромордая и травяная, жерлянка краснобрюхая, чесночница обыкновенная).

В первой группе лишь лягушек озерную и остромордую, жабу зеленую и чесночницу обыкновенную можно считать обычными видами. Остальные малочисленны и редки (особенно тритоны и жаба серая).

Одним из основных требований охраны любого вида является охрана среды обитания, условий размножения и путей миграций животных.

Как же нам сохранить земноводных и пресмыкающихся в условиях бурного развития промышленности, сельского хозяйства, на фоне все более глубокого изменения человеком среды обитания животных?

Земноводные Самарской области встречаются в трех основных группах биотопов - **открытых, лесных и приводных**. В целом ряде случаев отмечается видовая приуроченность к той или иной группе биотопов. Например, **к открытым биотопам** тяготеют жаба зеленая, чесночница обыкновенная, **к лесным** -лягушки остромордая и травяная, жаба серая, ящерица живородящая, веретеница, медянка; **к приводным** - тритоны обыкновенный и гребенчатый, жерлянки краснобрюхая, лягушки озерная и прудовая. Нередко наибольшее видовое разнообразие герпетофауны отмечается в экотонах - переходных полосах указанных групп биотопов: на опушках и берегах.

Для подавляющего большинства бесхвостых земноводных характерен оседлый образ жизни. Например, самец жерлянки краснобрюхой во время размножения закрепляет за собой определенную территорию радиусом до 1,5 м. Сильная привязанность к своей территории ярко выражена у жаб, что издавна использовалось передовыми специалистами овощного и плодово-ягодного хозяйства в биологической борьбе с вредителями.

В настоящее время широко известна и другая экологическая особенность наших бесхвостых амфибий - ярко выраженное предпочтение определенных водоемов, где из года в год происходит их размножение. По каким ориентирам находят земноводные такие водоемы, окончательно неизвестно. Но достоверно известно, что в поисках излюбленных

мест размножения и зимовки эти животные предпринимают многокилометровые путешествия по воде и суше, преодолевают различные препятствия (песчаные дамбы, шоссейные дороги, мосты и т. п.).

Следует иметь в виду, что временные скопления амфибий в период их миграций создают ложное представление об их повышенной численности. Во-первых, в этот период гибель земноводных, особенно на дорогах, приобретает катастрофические масштабы.

Во-вторых, даже в излюбленных водоемах, нередко подверженных обмелению, до следующей весны доживают немногие: ранние заморозки и промерзание водоемов приводят земноводных к гибели. Пресс хищников и каннибализм оказывают заметное влияние на сокращение численности амфибий. Еще более губительным для этих животных оказывается загрязнение водоемов промышленными и бытовыми стоками. Отравляющие вещества аккумулируются в тканях и в конечном итоге приводят к гибели взрослых животных, а у личинок - к полному прекращению или аномалиям в их развитии.

Положение с этим видом в Самарской области стремительно приближается к тому безрадостному состоянию, в котором находятся в настоящее время наши самые редкие земноводные - лягушка травяная и жаба серая.

Вопросы охраны земноводных не могут стоять изолированно от общих проблем охраны природы, поскольку, как мы убедились, в природе все взаимосвязано. Например, забота о чистоте воды наших рек и озер связана не только с проблемой восстановления рыбных запасов, но и с поддержанием ресурсов герпетофауны. Кроме всего прочего, здесь амфибии могут выступать в роли биологических индикаторов чистоты воды, потому что организм тритонов, лягушек, оказывается, способен аккумулировать из загрязненной воды тяжелые металлы и их соли.

Пресмыкающиеся

В настоящее время значение какой-либо группы организмов оценивается ее ролью в функционировании биологических систем, участием в выполнении основного назначения животных в биосфере - преобразовании (трансформации) и транспортировке живого вещества. С этих же позиций начинают рассматриваться в наши дни пресмыкающиеся. В трофике этих организмов во взрослом состоянии доминирует животноядность (Доля растительного компонента в пище у змей - 15,3 % (уж обыкновенный) - 16,7 % (гадюка обыкновенная). В пище ящерицы прыткой иногда отмечаются ягоды, а в пище черепахи болотной - растительные корма). Поэтому они выполняют особую, вполне самостоятельную роль, как массовые хищники второго и третьего порядков, участвуя таким образом в жизни высших звеньев трофических цепей биогеоценозов.

Не менее разнообразно животными кормами меню пресмыкающихся. Например, ящерица прыткая проявляет особый интерес к пластинчатоусым жукам, долгоносикам, хрущам, щелкунам, личинкам бабочек и саранчевым. За весенне-летний период она уничтожает до 250 тысяч различных беспозвоночных. А гадюки и полозы оказывают заметный пресс на мышевидных грызунов.

Пик активности кормодобывающей деятельности большинства пресмыкающихся приходится на сумеречное и ночное время, когда многие птицы спят.

Не следует забывать, что пресмыкающиеся являются кормовой базой для многих, в том числе, промысловых животных. Согласно новейшим данным, они входят в число пищевых объектов 11 видов рыб (щука, сом и др.), 120 видов птиц (аисты, цапли, хищные птицы, сорокопуты и др.), 32 видов млекопитающих (барсук, хори, выдра, норки и др.). Наряду с этим 11 видов пресмыкающихся при случае не прочь пообедать своими сородичами или особями других видов амфибий и рептилий.

Все-таки человек склонен говорить о практическом значении той или иной группы животных. Что же, напомним, что биологические яды - лучшее сырье для фармацевтической промышленности. Ценнейшие свойства змеиного яда известны всем.

В Самарской области обитает 11 видов пресмыкающихся (ящерицы прыткая и живородящая, ящурка разноцветная, веретеница ломкая, медянка, ужи обыкновенный и водяной, полоз узорчатый, гадюки обыкновенная и степная, черепаха болотная), что составляет соответственно около 8% отечественной герпетофауны.

Во второй группе редкими стали все змеи, а также веретеница ломкая, и ящерица живородящая. Единичны находки ящурки разноцветной. Малочисленна черепаха болотная.

Одним из основных требований охраны любого вида является охрана среды обитания, условий размножения и путей миграций животных. Пресмыкающиеся Самарской области встречаются в трех основных группах биотопов - открытых, лесных и приводных. В целом ряде случаев отмечается видовая приуроченность к той или иной группе биотопов. Например, к **открытым биотопам** тяготеют ящерица прыткая, ящурка разноцветная, гадюка степная; **к лесным** - ящерица живородящая, веретеница, медянка, гадюка обыкновенная; **к приводным** - ужи обыкновенный и водяной, черепаха болотная, а также ящерица живородящая. Нередко наибольшее видовое разнообразие герпетофауны отмечается **в экотонах** - переходных полосах указанных групп биотопов: на опушках и берегах.

До недавнего времени наибольший экологический оптимум для наших рептилий сохранялся в южной части Самарской Луки (район между селами Шелехметь и Винновка). Здесь имеется несколько озер, одно из которых не случайно называется Змеиным. Это единственное место на всей Самарской Луке, где до последнего времени отмечалась сравнительно высокая численность водяного ужа - редкого вида Самарской области.

Даже этого достаточно, чтобы признать район Шелехметьевских и Винновских гор уникальным местом не только на Самарской Луке, и в Самарской области. Кто был в этом районе, мог любоваться неповторимым своеобразием южных отрогов Жигулей и не мог не почувствовать острой необходимости организации здесь хотя бы заказника.

Несомненно, организация первого в РСФСР национального природного парка «Самарская Лука» должна способствовать увеличению численности и видового разнообразия многих групп животных, в том числе и редких земноводных и пресмыкающихся. Поток туристов будет направлен по строго определенным маршрутам. Прекратится процесс сокращения площади, занимаемой лесами и кустарниками, так называемого «остепнения», столь отрицательно влияющего на герпетофауну, особенно на численность малоподвижных пресмыкающихся (веретеницы), не говоря уже о лесных видах - ящерице живородящей, медянке, гадюке обыкновенной. Между тем, положение с ядовитыми змеями в Самарской области еще более безотрадно, чем с неядовитыми. Встреча с человеком гадюки обыкновенной или степной, как правило, заканчивается гибелью змей.

«Врагов у гадюки, оказывается, немало. С момента появления на свет маленькой змейке надо уже опасаться сороки, вороны, журавля, аиста, глухаря, тетерева, енота, куницы, хорька, кабана и, самое главное, человека, который, увидев змею, почти всегда берется за палку. В настоящее время место ядовитых змей весьма ощутимо и в нормализации работы сложного механизма человеческого организма. Наряду с медициной яд змей находит все более широкое применение в биохимии.

Однако ловля змей и для питомников катастрофически сокращает их численность в природе. В настоящее время разрабатываются методы получения яда змей без изъятия их из естественной среды.

Сокращение численности змей, хищных птиц и лисицы нарушает естественную численность мышевидных грызунов и вынуждает человека использовать химические меры борьбы с последними. Как показали исследования зоологов Волжско-Камского края, необходимость особых мер охраны гадюки обыкновенной: вязана с неблагоприятным влиянием на этот вид трех основных факторов.

Первым из них является вырубка лесов с последующим осуществлением лесовосстановительных мероприятий. Второй фактор - это создание водохранилищ, сопровождающееся исчезновением поймы и образованием крайне нестабильной береговой зо-

ны. И третий - расширение рекреационных территорий. Усиление фактора беспокойства с невежеством значительной части людей, пребывающих на лоне природы, привели численность гадюки обыкновенной к самому низкому уровню.

Задание 1. Изучить и записать классы и виды пресмыкающихся и земноводных Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 7, 8.

Таблица 7

Земноводные Самарской области

№ п/п	Класс земноводные	Виды земноводных
1		
2		
3		
4		

Таблица 8

Пресмыкающиеся Самарской области

№ п/п	Класс пресмыкающиеся	Виды пресмыкающихся
1		
2		
3		
4		

Контрольные вопросы

1. Чем питаются земноводные?
2. В какое время суток наступает пик активности кормодобывающей деятельности большинства земноводных и пресмыкающихся?
3. Назовите малочисленные и редкие виды земноводных?
4. В каких трех основных группах биотопов встречаются земноводные Самарской области?
5. Укажите причины сокращения численности амфибий?
6. Для каких промысловых животных пресмыкающиеся являются кормовой базой?
7. В какой части Самарской Луки до недавнего времени сохранялся наибольший экологический оптимум для рептилий?
8. Какие виды пресмыкающихся можно наблюдать на территории самарской области?
9. С чем связана в настоящее время разработка методов получения яда змей без изъятия их из естественной среды?

Занятие 7. Птицы и млекопитающиеся Самарской области

Цель занятия: Научиться различать отряды и виды птиц Самарской области. Научиться различать отряды и виды млекопитающих животных Самарской области. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

Из всех позвоночных животных птицы – самое яркое, самое заметное проявление жизни. Они заселяют разнообразные биотопы: от зарослей камыша и карнизов домов до оголенных скал и прибрежных песков. Голоса птиц можно слышать летом и зимой с предрассветной мглы до вечера, а иногда и ночью.

Вместе с млекопитающими и насекомыми птицы занимают высшие звенья цепей питания, играя большую роль в экосистемах.

Птицы отличаются не только широким распространением и разнообразием местообитаний, но и видовым богатством. Орнитофауна Самарской области представлена 235 видами (30,7% орнитофауны России), из которых 195 гнездящихся видов, остальные – пролетные и залетные. К последним относятся лебедь-кликун, журавль серый, зимняк, гаршнеп, чернеть морская и другие. Недавно на гнездовье в области отмечены поганка малая, горлица кольчатая, хохотун черноголовый.

Птицы Самарской области относятся к **15 отрядам**.

Отряд Поганкообразные. Эти типично водные птицы, прекрасные пловцы и нырцы, способные оставаться под водой до 3 минут. Однако пальцы обшей плавательной перепонки не соединены. Каждый палец имеет упругую и прочную роговую оторочку, увеличивающую гребную поверхность лапы. На водной поверхности поганку от любой утки легко отличить: контуры ее надхвостья плавно опускаются к поверхности воды.

Поганки предпочитают открытые плесы, чередующиеся с зарослями водной растительности, в которых строят плавающие гнезда. В кладке 3-8 грязно-белых яиц с зеленоватым оттенком. Птенцы выводкового типа. Самец от самки внешне не отличается.

Питаются мелкой рыбой, головастиками, водными насекомыми, ракообразными. Ныряя, ловят добычу.

К отряду относятся поганки – большая (чомга), черношейная, серощекая и др. Всего 5 видов.

Отряд Листообразные. Эти околоводные птицы кормятся в воде или около нее и гнездятся недалеко от воды. Длинные ноги и удлиненные пальцы дают возможность ходить по мелководьям, не смачивая оперение и не проваливаясь в илистый грунт. Сдавленное с боков туловище облегчает передвижение в густых зарослях.

Откладывают 3–8 яиц. Гнезда располагаются на деревьях или в зарослях кустарника и тростника. В насиживании и воспитании птенцов участвуют оба родителя. Птенцы находятся в гнезде до 2-х месяцев. Питаются животным кормом. В области 3 вида: цапля серая, выпи большая и малая (сем. цапле-вые). С 80-х годов текущего столетия в области отмечаются залеты крупной красивой птицы – большой белой цапли.

Отряд Гусеобразные. У этих птиц короткие ноги плавательного типа, три передних пальца соединены плавательной перепонкой. Они прекрасно плавают и ныряют. Самцы крупнее самок, у полигамов первые окрашены ярче.

Из 19 видов, встречающихся в области, 14 – гнездящиеся: лебедь-шипун, гусь серый, кряква, чирки (свистунок и трескунок), широконоска, красноголовый нырок и др. К гнездящимся 12 видам уток относится огарь (красная утка) – ныне редкая у нас птица.

Отряд Соколообразные. Эти хищные птицы схватывают добычу мощными лапами с острыми когтями и разрывают ее крепким клювом. Животную пищу, как правило, добывают активной охотой, выступая таким образом в роли естественных регуляторов численности грызунов и других животных.

Простой конструкции гнездо располагается на деревьях, реже – на земле или в дуплах. Иногда занимают гнезда ворон, грачей, сорок.

У крупных видов в кладке 1-2 яйца, у мелких – 5-7 яиц. В неблагоприятные годы яиц в кладке меньше или птицы совсем не размножаются. Для большинства хищных птиц Самарской области характерна продолжительность насиживания яиц в течение месяца. Насиживает преимущественно самка. Примерно в месячном возрасте молодые птицы оставляют гнездо.

В фауне области 27 видов соколообразных. Из них 22 вида отмечены на гнездовье. Это ястребы – перепелятник и тетеревятник, луни – полевой, луговой, степной и болотный, коршун черный, орлан-белохвост, орлы – беркут, могильник, степной и подорлик большой, сарыч обыкновенный, осоед, змееяд, скопа, балобан, чеглок, сапсан, кобчик, пустельги обыкновенная и степная. Многие редки. Девять видов занесены в Красную книгу РСФСР (скопа, змееяд, орлан-белохвост, все виды наших орлов и др.).

В настоящее время доказана полезность многих хищных птиц как истребителей гры-

зунов и вредных насекомых.

Отряд Курообразные. Птицы плотного телосложения с относительно небольшой головой и короткой шеей. Сильный клюв с выпуклым надклювьем приспособлен к захвату грубой растительной и животной пищи.

Хорошо ходят и бегают по земле, разрывают ее или верхний слой лесной подстилки сильными ногами. Взлетают неохотно, при крайней необходимости.

В области 5 видов: перепел, куропатка серая, глухарь, тетерев, рябчик. Многие стали малочисленными.

Отряд Журавлеобразные. Поэтичность слова «журавль» и тесная связь его с понятием Родины бередят душу не только поэтов и ученых-орнитологов, а и всех, кому дорога судьба нашей природы. Ведь из 7 видов журавлей фауны бывшего СССР, 5 видов заняли место в Красной книге РСФСР, в том числе и журавль-красавка – единственный вид журавлей в Самарской области.

К этому же отряду относятся дрофа и стрепет (семейство дрофиные) – типичные степные виды. Обитают на юге области. Они включены в Красную книгу РСФСР.

Семейство пастушковые объединяет водных и болотных птиц. К нему относятся лысуха, коростель, камышница, погоныши (3 вида). Названные виды встречаются в области.

Отряд Ржанкообразные. В пределах области к нему относятся кулики (около 30 видов), крачки (4 вида) и чайки (4 вида). Редчайшим куликом в области является кречетка, из крачек – малая, из чаек – черноголовый хохотун. На пролете встречаются серебристая и большая морская чайка. Залетным видом является белощекая крачка.

Отряд Совообразные. Внешний вид сов так своеобразен, что их невозможно спутать с другими птицами. Для них характерна вертикальная посадка. Большая круглая голова, обращенные вперед большие глаза, мохнатые лапы и мягкое оперение делают сов похожими на летающих кошек или неведомых мифических существ, оставляющих после каждой встречи у человека какое-то странное, неизгладимое впечатление.

Совы образуют постоянные пары. Специальных гнезд не строят, а занимают старые гнезда ворон, сорок, дневных хищников. Кладки могут располагаться в дуплах, гнилых пнях, на земле. Кладку из 1–11 яиц насиживает самка. Насиживание начинается после откладки первого яйца, и недели через четыре появляется первый птенец, чуть позже – второй и т. д. Во вскармливании птенцов принимает участие и самец.

Большинство сов, обитающих в области, ведет оседлый или полуоседлый образ жизни, отличаются широким распространением, но и малочисленностью. Поэтому необходимо пропагандировать охрану сов – полезнейших птиц нашего края.

В области гнездятся 7 видов сов. Залетным видом является ястребиная сова.

Крупнейшим представителем сов является филин. В области отмечено всего несколько гнездящихся пар.

Обычными являются болотная и ушастая совы, сплюшка и домовый сыч. Болотная сова – перелетная птица. Типично лесными видами являются неясыти - обыкновенная и длиннохвостая. Они немного меньше филина. Брачное оживление у неясытей отмечается уже в конце февраля – начале марта.

Отряд Воробьинообразные. Эта филогенетически молодая группа птиц в настоящее время переживает период расцвета, что выражается обилием видов и разнообразием занимаемых ими экологических ниш.

Самцы отличаются от самок размерами, голосом, окраской оперения, развитием весной брачного наряда. С зимовок они прилетают раньше самок и выбирают участок, на котором будет располагаться гнездо.

Гнезда, построенные с особенной тщательностью, – характерная черта воробьиных птиц. Как правило, гнезда хорошо замаскированы и имеют вид чаши (многие воробьиные), гамака (иволги) и даже рукавички (ремезы).

Большинство видов делают две кладки в году. В каждой из них 4-6 пестроокрашенных яиц. У дуплогнездников яйца однотонные.

После 11–15 дней насиживания вылупляются слепые, голые птенцы, но через 9-11 дней после вскармливания родителями они покидают гнездо. У видов, гнездящихся в дуплах или норах, слетки появляются позднее (у синиц на 23-й, у поползней на 26-й день жизни и т. д.).

В области гнездятся 85 видов воробьиных, из которых около 10 видов – редко гнездящиеся (лазоревка белая, каменка-плешанка, синица усатая и др.). Во время перелетов и зимовок встречаются снегирь, чечетка, чиж, свиристель, пуночка, лапландский подорожник, щур, юрок и др.

Наши воробьиные распределены в 18 семейств: жаворонковые, ласточковые, синицевые, вьюрковые, дроздовые, славковые и др.

В области встречаются представители отряда Голубеобразные (5 видов), Кукушкообразные (1 вид), Козодоеобразные (1 вид), Стрижеобразные (1 вид), Ракшеобразные (4 вида), Дятлообразные (7 видов).

Фауна зверей (териофауна) Самарской области представлена 73 видами, играющими важную роль в функционировании биогеоценозов.

В процессе освоения млекопитающими разнообразных сред обитания сложилось многообразие их экологических типов. Среди зверей области наблюдаются:

древесные (белка обыкновенная, соня-полчок и др.),

полуводные (выхухоль русская, бобр обыкновенный, ондатра, полевка водяная),

подземные (крот европейский, слепушонка обыкновенная и др.) формы. Однако многие млекопитающие ведут наземный образ жизни, заселив биотопы закрытого (лесного) и открытого (степного) типа. Имеются и летающие звери (летучие мыши). Видами – эврибионтами, заселяющими самые разнообразные биотопы, являются волк, лисица обыкновенная (среднерусская), ласка и некоторые другие.

Практическое значение млекопитающих для человека общеизвестно.

Местные виды млекопитающих относятся к 16 семействам, которые распределены в 6 отрядов.

Отряд Насекомоядные. Это наиболее древняя и архаичная группа плацентарных млекопитающих: головной мозг мал, без борозд и извилин, слуховые барабаны недоразвиты, следовательно, слух, а также зрение развиты слабо. Ведущим органом чувств является обоняние. Зубы заострены и слабо обособлены на резцы, клыки и коренные. Передний отдел головы вытянут и заканчивается заостренным подвижным хоботком.

Среди 8 видов насекомоядных млекопитающих Самарской области есть полуводные, подземные и наземные звери.

Наиболее примитивным считается **семейство ежей**. В области обитает два вида ежей – восточно-европейский и ушастый. Но если первый топически связан с опушками леса, кустарниками, запущенными садами, то второй обычно встречается в лесополосах степей. Ведут сумеречный и ночной образ жизни. Питаются насекомыми, их личинками, червями, слизнями. Иногда добычей ежей становятся лягушонок, малоподвижные в холодную погоду ящерица или змея. Могут поедать и падаль. Грибы и ягоды ежи не едят. Молоко пьют с большим удовольствием, смачно причмокивая и делая глубокие вдохи.

Зимуют ежи в норах, которые роют на участках рыхлой земли, насыпях, или используют брошенные норы крупных грызунов, хорьков, корсака. В конце сентября – в октябре у ежей начинается спячка.

Весна – пора ежиных свадеб. У самцов отмечаются ритуальные драки за самку. Обычно молчаливые, они издают мяукающие звуки или отрывистое «хуть...хуть-хуть». Подобно мартовским котам, самцы преследуют друг друга, кусают за ноги и морду, грозно пыхтя, наскакивают один на другого.

Забота о потомстве ложится на самку. После месячного периода беременности рождаются 2-8 детенышей. Их розоватые тельца покрыты мягкими с молочным оттенком иглами.

Врагов у ежей немного (лисица, енотовидная собака, филин), но численность их в области низка. Видимо, это следствие общей деградации природных экосистем, испытывающих мощный антропогенный пресс. А ведь уничтожая вредных слизней, насекомых и их личинок, ежи приносят пользу. Они нуждаются в охране.

Тело всех других насекомоядных покрыто густым, обычно коротким бархатистым мехом. Наибольшую редкость среди них представляют выхухоль русская, относящаяся к отдельному семейству.

Выхухоль – относительно крупный зверек. Длина тела составляет 18-22 см, а масса до 520 г. Тело покрыто густым шелковистым, блестящим буро-серым мехом. Чешуйчатый хвост равен длине тела. Обитает выхухоль в пойменных озерах-старицах, ериках, затонах, заводях, а также в речках с тихим течением и богатой прибрежной и водной растительностью. Выхухоль находит временное пристанище в половодье на деревьях и кустарниках.

Питается выхухоль насекомыми, их личинками, пиявками, моллюсками, дождевыми червями, реже – мелкой рыбешкой и растениями.

Выхухоль русская – эндемик средней полосы России, «краснокнижный» вид.

К этому же отряду относится крот европейский (семейство кротовые) и бурозубки обыкновенная и малая, кутора обыкновенная (семейство землерой-ковые).

Отряд Рукокрылые. Наличие крыльев и способность к настоящему длительному полету – первые уникальные особенности этих млекопитающих. Перечень уникальностей продолжает наличие эхолокации и то, что у большинства **летучих мышей** строение половой системы сходно с таковой приматов. Наряду с этим, отмечается разновременное созревание половых продуктов у самцов и самок. У первых оно идет с весны до осени, а у самок – с осени до весны. Хотя некоторые самки спариваются с самцами осенью (у большинства спаривание происходит в период зимней спячки и весной), но созревших яйцеклеток в этот период у самок еще нет, а сперматозоиды сохраняются в их половых путях до 6–7 месяцев.

Сердце летучей мыши в момент наивысшего напряжения бьется с частотой до 880 ударов в минуту, а в момент зимней спячки частота сердечных сокращений падает до 16. Подобного пятидесятикратного разрыва между частотами покоя и наивысшего напряжения не знает сердце ни одного живого существа на Земле.

В Самарской области отмечены 10 видов: ночницы водяная, усатая, Бранд-та, Наттерера, северный кожанок, ушан бурый, нетопырь Натузиуса, вечерница рыжая, двуцветный кожан. Три последних вида перелетные, остальные оседлые, проводят зиму в пещерах и штольнях Самарской Луки (впадают в спячку).

Летучие мыши – ревностные истребители насекомых, все они стали редкими и подлежат охране.

Отряд Грызуны. В териофауне области это наиболее представительная группа, включающая не менее чем три десятка видов, которые обладают широкой амплитудой приспособительных возможностей, что позволяет успешно переживать неблагоприятные условия. В годы с оптимальными условиями грызуны способны быстро размножаться и давать так называемые «пики численности».

Однако в функционировании природных комплексов грызуны имеют большое значение. Они составляют кормовую базу для многих хищных птиц, млекопитающих, змей.

Местные виды грызунов относятся к 7 семействам: беличьи (5 видов), бобровые (1 вид), соневые (3 вида), тушканчиковые (3 вида), слепышовые (1 вид), мышиные (7 видов), хомяковые (12 видов).

Отряд Зайцеобразные. Эти своеобразные животные филогенетически близки к третичным копытным, то есть зайцы более близкие родственники лосю, чем кому-либо из грызунов.

Зайцы оказались наиболее восприимчивыми даже к низким дозам пестицидов, рассыпанных на полях, где кормятся эти животные. Много зайцев гибнет от отравления. А у непогибших самцов нарушается ход сперматогенеза, что приводит к изменению половой

структуры популяции и снижению воспроизводительной способности. Этот факт указывает на необходимость высокой культуры использования пестицидов и минеральных удобрений.

Самостоятельное значение приобрела проблема влияния механизированной уборки урожая на диких животных, особенно на зайцев. Уборочные работы лимитируют воспроизводительные возможности популяций отдельных видов диких животных, обитающих на сельскохозяйственных угодьях, вследствие гибели молодняка. Например, при скашивании трав на 1000 га в среднем гибнет: перепелов 0,6; куропаток 1,1; коростелей 27,0; кряквы 13,0; чирков 16,3; зайца-русака 16,2; а при уборке зерновых культур: перепелов 5,0; тетеревов 8,6; кряквы 19,1; зайца-русака 24,5%.

В области **2 вида зайцев – беляк и русак**.

Отряд Хищные. Местных хищников представляют виды семейства куньих. Почти все они являются ценными пушными зверями, всегда преследуемыми человеком. Из 16 видов местных хищников 10 видов относятся к куньим. Среди них велик процент редких и исчезающих видов. Эту печальную когорту возглавляет норка европейская, численность которой исключительно низка. Почти на таком же уровне находится численность выдры речной. Тесная связь названных видов с узкой прибрежной полосой определяет легкость их нахождения и поголовного вылова браконьерами. Слабо изучена и экология этих видов в условиях Среднего Поволжья, в частности конкурентные отношения между европейской и американской норками. Редок колонок.

Более благополучна численность куницы лесной, барсука, хорьков черного и светлого, горностая и ласки.

Семейство псовых представлено у нас 4 видами, крупнейшим из которых является волк, а семейство кошачьих двумя малочисленными видами – рысью и степной кошкой.

Отряд Парнокопытные. Среди этих млекопитающих нет ни летающих, ни лазающих, ни норных форм. Это группа растительноядных животных, имеющих внушительные размеры. Они издавна являются объектом активного промысла.

К семейству оленьих относится лось – самый крупный вид парнокопытных в области. Длина тела взрослых самцов достигает 3 м, высота в холке до 235 см, а масса до 600 кг.

Лось – типично лесное животное, но предпочитает поймы рек и окраины озер, опушки смешанных лесов, их возобновление по вырубкам и гарям. Летом лось питается водными растениями и сочным разнотравьем, а зимой грызет кору и побеги кустарников и деревьев.

Лоси держатся поодиночке или группами (3-5 особей). В период гона (август, сентябрь) становятся менее осторожными. Более активные самцы нередко дерутся друг с другом. В апреле – мае лосихи приносят одного-двух лосят. Через несколько дней после рождения лосята начинают поедать зеленый корм, но продолжают питаться молоком матери в течение 3,5-4 месяцев. При высокой численности лоси могут причинять вред молодым посадкам леса, особенно соснам. Поэтому плотность лося не должна превышать 3–4 особи на 1000 га лесной площади.

Охота на лосей в Самарской области начинается в сроки, устанавливаемые Госохотинспекцией, но не ранее 1 ноября и заканчивается не позднее 15 января. Нормы отстрела определяются результатами учета численности лося.

Олень европейский – подвид благородного оленя. Это довольно крупное животное: длина тела достигает 250 см, высота в холке 130-140 см, а масса самца составляет 160-180 кг. Летом олень имеет буро-рыжую окраску, зимой – серо-бурую. Рога самцов многоветвистые.

Олень европейский предпочитает широколиственные и смешанные леса с густым подлеском и подростом. Питается травами, листьями кустарников, желудями, зимой – молодыми ветвями и корой деревьев, древесными лишайниками. В многоснежные зимы нуждается в подкормке веточным кормом и сеном.

Сроки гона, как у лосей – с августа до половины октября. Оленята рождаются в мае – начале июня.

В 1964-1965 гг. Куйбышевским областным обществом охотников 33 оленя были завезены из Воронежского заповедника и расселены в Заглядовское охотничье хозяйство. Благодаря последующей интродукции (в Кинель-Черкасский район, Муранский бор и др.), строгой охране и уходу олени прижились и стали размножаться.

Последние учеты показывают, что только в Красноярском районе обитает не менее 100 оленей. Часто олени стали встречаться в пойме реки Большой Кинель. Охота на оленей регламентируется сроками и нормами отстрела, устанавливаемыми Госохотинспекцией.

Косуля – небольшой олень: длина тела до 135 см, высота 75-90 см, а масса 20–37 кг. Эти данные характерны для номинального европейского подвида. Другой подвид, встречающийся в Самарской области, сибирская косуля – крупнее, длина тела достигает 150 см, а масса тела до 60 кг (у самцов).

Самцы имеют небольшие рога с отростками и бугорками. Окраска косуль летом желтовато-рыжая, зимой – серо-бурая.

Косуля предпочитает разреженные леса, перемежающиеся большими полянами и густыми тенистыми участками. Летом питается сочным разнотравьем на лесных лужайках и опушках, зимой – тонкими ветвями, почками и сухими листьями. Косуля особенно любит сухие листья осины. Кору деревьев не ест.

Косуля – грациозное, изящное животное, нуждающееся в строгой охране и подкормке в снежные зимы. Европейские косули при высоте снежного покрова в 20-30 см передвигаются с трудом, а сибирские – выше 40-50 см.

В пределах области численность косуль невелика. В последние годы отмечается ее увеличение в некоторых южных районах области (Пестравский район). Лицензионный вид.

К **семейству свиные** относится **кабан** – широко распространенный в настоящее время вид парнокопытных. Это коренастое животное с длиной тела 130– 175 см, высотой до метра и массой 60-150 кг. На большой клиновидно вытянутой голове расположены широкие длинные уши и маленькие глаза. Покрывающая тело грубая упругая щетина зимой становится более длинной и густой. В окраске преобладают светло-бурые или серые и темные тона. Для поросят характерна полосатость.

Кабан предпочитает леса, перемежающиеся полянами, лугами, а также поймы рек и кустарниковые заросли на их берегах. Деятельный период суток приходится в основном на ночное время. Кабан – всеядное животное.

Гон у кабана происходит в начале зимы. Беременность длится 130-140 дней. В помете от 2 до 15 поросят.

Возникновение устойчивых популяций кабанов на территории Самарской области в 70-е годы XX века связано с их притоком, ставшим ощутимым в Поволжье с конца 60-х годов, и в результате последующей интродукции. Например, в 1974 году в Саратовской области было учтено 250 кабанов, в Татарской АССР – 300, в Ульяновской области – 600. Происходило вселение кабанов и в Самарскую область.

Со второй половины 70-х годов кабан становится постоянным компонентом животного населения биотопов закрытого типа в Самарской области. Вместе с тем, в позднеосенний, а иногда и зимний периоды отмечается концентрация кабанов на плохо убранных полях картофеля, кукурузы, подсолнечника. Эти кормовые участки служат станциями переживания трудного зимнего периода не только для кабанов, но, отчасти, косуль и оленей. Видимо, это один из факторов, способствующих увеличению количества кабанов в южных районах области.

Охота на ценного промыслового зверя – кабана – определяется сроками и нормами отстрела, устанавливаемыми Госохотинспекцией, но не ранее 1 октября и заканчивается не позднее 15 января.

Задание 1. Изучить и записать отряды и виды птиц Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 9, 10.

Таблица 9

Птицы Самарской области

№ п/п	Отряды птиц	Виды птиц
1		
2		
3		

Задание 2. Изучить и записать отряды и виды млекопитающих животных Самарской области. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 10.

Таблица 10

Млекопитающих животных Самарской области

№ п/п	Отряды млекопитающих животных	Виды млекопитающих животных
1		
2		
3		

Контрольные вопросы

1. Сколько отрядов птиц проживают на территории Самарской области.
2. Назовите самые распространенные отряды птиц в Самарской области?
3. Назовите 5 видов птиц, относящихся к отряду поганкообразных?
4. Какое количество видов соколообразных птиц встречаются на территории Самарской области? Какие из них редко встречающиеся?
5. Укажите немногочисленные отряды птиц в Самарской области?
6. Какие экологические формы проживания наблюдаются среди зверей области?
7. Какое насекомоядное является эндемиком средней полосы России, «краснокнижным» видом?
8. Какое количество видов местных хищных животных наблюдается на территории области?
9. Какие семейства животных относятся к отряду парнокопытных? Назовите самый распространенный в настоящее время вид парнокопытных?
10. Укажите сроки и нормы отстрела, устанавливаемыми Госохотинспекцией, для охоты на кабана?

Занятие 8. Национальный парк Самарская лука.

Цель занятия: научиться различать флору и фауну национального парка Самарская лука. Рассмотреть в чем заключаются их отличительные особенности?

Самарская лука - уникальная местность, образованная излучиной (изгибом) самой большой европейской реки Волги в ее среднем течении и Усинским заливом Куйбышевского водохранилища.

Волга в этом месте делает большую дугу, обращенную на восток, а затем поворачивает на юго-запад. Протяжённость ее более 200 км. Высоко приподнятые здесь древние карбонатные породы образуют подобие острова.

Жигули, средняя высота которых около 300 метров, - единственные горы тектонического происхождения не только на Волге, но и на всей огромной территории Русской равнины.

Неповторимые формы рельефа, своеобразный микроклимат, удивительная красота гор, голубое ожерелье обрамляющей их Волги, уникальная флора и фауна снискали Жигулям и Самарской Луке в целом мировую известность.

Еще в конце 18 века на Самарской Луке произрастали вековые и дремучие леса. Это были дубово-липовые и сложные сосново-дубовые леса, по склонам сосновые боры, а по широким днищам древних долин - вековые березняки. Но эти леса впоследствии были пройдены многократными рубками, отдав людям свои силы и красоту.

Из-за большого разнообразия растений с ранней весны до поздней осени каменистые степи покрываются то одними, то другими цветами, и чуть ли не каждую неделю меняют этот свой цветной наряд. Научное значение растительности Жигулей исключительно. Именно здесь были впервые открыты для науки 6 видов растений. Три из них оказались узкими эндемиками Жигулей, то есть нигде в мире они больше не встречаются. Это молочай жигулёвский, солнцецвет монетолистный, качим жигулёвский. Немало здесь и менее узких эндемиков, области распространения которых охватывают не только Жигули - например, тимьян (чабрец) жигулёвский, который встречается только на Приволжской возвышенности.

Особый интерес представляют реликтовые виды, сохранившиеся до наших дней с древнейших геологических эпох (доледниковый, ледниковый и послеледниковый периоды). Ледник не дошел до Жигулёвских гор и мало повлиял на природный комплекс Самарской Луки. Больше всего реликтов произрастает в горной каменистой степи.

Своеобразие фауны Самарской Луки состоит и в том, что не менее 30% позвоночных животных обитают здесь на границе своих ареалов. Например, сибирские и таёжные виды - обыкновенная гадюка, живородящая ящерица, длиннохвостая неясыть, мохноногий сыч, глухарь, рябчик и другие. А в непосредственном соседстве с ними обитают типично южные и степные виды - узорчатый полоз, болотная черепаха, водяной уж, золотистая щурка и т.д.

Большой интерес представляют реликтовые виды, отделенные значительным расстоянием от своего основного ареала обитания - обыкновенный слепыш, узорчатый полоз. Реликтовыми являются жук альпийский усач и кузнечик степная дыбка.

Разнообразен и современный животный мир млекопитающих - лось, кабан, косуля, волк, рысь, барсук, лисица, зайцы русак и беляк, куница, ондатра и другие.

Необычайно велика на Самарской Луке концентрация памятников практически всех известных науке культур европейской лесостепи от эпохи бронзы и раннего железа до современности.

На территории Самарской Луки насчитывается около 200 природно-исторических памятников. Богата она и археологическими находками.

Молодецкий курган находится на северо-западе Самарской Луки, с него начинается 75-километровая живописная гряда Жигулёвских гор. Эта вершина, овеянная множеством легенд и преданий, как молчаливый страж Жигулей вздымается из вод Волжского водохранилища недалеко от входа в Усинский залив. Высота кургана чуть более 200 метров (242,8).

Действительно, этот курган уникален по своей сути. Отвесные скалы и уступы придают кургану суровый вид. Местами на тонком слое щебневой почвы проглядывает каменистая степь. Но один из склонов его покрыт густым лиственным лесом, а на вершине кургана растут реликтовые сосны, стремительно возносясь ввысь на фоне неба.

Степи состоят в основном из эндемичной флоры, многие виды занесены в Красную книгу. Встречаются здесь и реликты, виды, сохранившиеся от доледникового периода. В этих местах произрастает самая крупная в Европе популяция шиверекии подольской, ис-

чезающего растения. В окрестностях Молодецкого кургана можно встретить очень редких представителей фауны: орлана-белохвоста, дыбку степную, бабочек аполлона и махаона и др.

Со стороны Усинского залива через лесной участок на вершину кургана поднимается туристская тропа. Отсюда открывается широкая величественная панорама водохранилища, Усинского залива, окрестных гор (Девья гора, гора Лепёшка и др.) и города Тольятти. Раньше, до затопления, напротив Молодецкого кургана находился большой Калмыцкий остров, за ним, на другом берегу реки, располагался деревянный одноэтажный город Ставрополь. После затопления уровень воды поднялся на 29 метров, нижняя половина мелководной, узкой речки Усы (название её произошло от слова "ус") превратилась в большой Усинский залив.

Молодецкий курган очень популярен среди туристов (в том числе и зарубежных), посещающих Самарскую Луку. На берегу Усинского залива часто проводятся различные мероприятия: спортивные соревнования, экологические акции, всевозможные слеты, среди которых слет имени Юрия Захарова наиболее популярен и привлекает многочисленных любителей бардовской песни. Объект включён в экскурсионные маршруты национального парка.

Девья, или Девичья, гора располагается в устье оврага Жигулёвская труба, рядом с Молодецким курганом, младшей сестрой которого её и называют. Высота над уровнем Волги всего 50 метров, а из-за Куйбышевского водохранилища более половины горы оказалась затопленной в 50-е годы. Но и сейчас Девья гора выглядит величественно, круто обрываясь в волны, пенящиеся у её подножия. Объект включён в экскурсионные маршруты национального парка "Самарская Лука".

Гора Верблюд - причудливая скалистая вершина близ Крестовой поляны, недалеко от села Ширяево, в урочище "Козьи рожки", называется так потому, что с определённого места форма нависшей над Волгой скалы напоминала голову этого животного. К сожалению, из-за эрозии скала постоянно разрушается и облик её меняется. Здесь удивительным образом сочетаются обнажения древних скальных пород, широкий простор Волги и густые лесные заросли. С вершины горы открывается великолепная панорама окрестностей и противоположного берега Волги, на знаменитые Жигулёвские ворота и срезанную вершину Царёва кургана. Царёв курган является остатком бывшего когда-то единым горного массива Жигулей. А Жигулёвские ворота - самое узкое место (700 м) в долине Волги в среднем её течении, скорость течения реки в этом месте больше, чем в любом другом.

Недра горы Верблюд изрезаны подземными галереями (штольнями), в которых прохладно даже в самые знойные дни. Здесь до сих пор сохранились рельсовые пути, по которым в начале века толкали тачки с известковым камнем. Сегодня штольни облюбовали летучие мыши. В этих искусственных пещерах на данный момент зимует одна из самых больших колоний летучих мышей в Поволжье. Нередко в районе горы Верблюд можно встретить самых разнообразных представителей фауны, а также найти редкие эндемичные и реликтовые виды растений.

Недалеко от горы раскинулось село Ширяево. Оно значилось по переписи уже в 1647 году. Имя своё, скорее всего, село получило от места расположения - оно находится в широком устье самой большой и самой широкой древней долины Жигулей. Долгое время село Ширяево было местом короткого отдыха бурлаков.

Уникальная природа Ширяевского оврага, историческое прошлое одноимённого села великолепие просторов, открывающихся с вершины горы Верблюд, влекут в эти места туристов из разных городов и стран. В настоящее время, в соответствии с проектом районной планировки национального парка "Самарская Лука", село Ширяево является одним из базовых центров туризма на Самарской Луке. Здесь, на горе Верблюд, альпинисты и горные туристы оборудовали скалодром. Все вышеназванные объекты включены в экскурсионные маршруты национального парка.

В районе села Подгоры собственно Жигулёвские горы заканчиваются и переходят в плато, которое возвышается над Волгой на 40-50 м. Плато, рассеченное оврагами и ложбинами, которые чередуются с выступающими скалами и крутыми лбами, имеет вид горной гряды, покрытой тенистым лесом. У подножия этой горной гряды находятся сёла по названиям которых отдельные участки гряды, расположенные в окрестностях этих сёл, называются соответственно Новинскими, Шелехметскими и Винновскими горами.

Началом Шелехметских гор считается утёс Вислый Камень, расположенный недалеко от мордовского села Шелехметь, в районе Змеиного затона.

Вислый Камень - скала, которая громадой нависает над водой на высоте 70-80 метров. Она сложена мощными пластами известняка. Вокруг скалы, по крутым склонам, растут дубы, липы, клены. Из травянистой растительности встречаются ландыши, фиалки, купена, бобовник и др.

Макушка Вислого Камня представляет собой небольшую площадку (карниз) и нависает над бездной. В профиль скала напоминает бородатого старика, поэтому у неё есть ещё одно название - "Каменный Дед". Вершина скалы поросла скудной степной и опушечной растительностью: ковылём, душицей, полынью разных видов и т.д. Здесь, наверху, прекрасная смотровая площадка. С неё открываются великолепные виды на Змеиный затон и Шелехметские горы, но находиться на ней небезопасно, так как скала понемногу разрушается.

У подошвы Камня разлилось разделённое на множество рукавов озеро Вислокаменка, или Змеиное (площадь 47 га). Старожилы до сих пор называют его озером, так как до строительства каскада водохранилищ на Волге оно соединялось с рекой только во время половодья. После поднятия уровня воды в Волге Змеиное озеро слилось с ней, образовав длинный и узкий залив-ерик. Говорят, своё название озеро (а теперь затон) получило потому, что змей в этих местах всегда было очень много. По сей день эти места считаются самыми змеиными на Самарской Луке. Однако встречи с ядовитой гадюкой достаточно редки. Наиболее часто встречаются ужи, а также редкая змея - узорчатый полоз (Самарская Лука - самая северная граница его ареала).

Около 120 видов растений найдено в окрестностях Вислого Камня, в их числе и занесённые в Красную книгу, например, дремлик болотный. В окрестностях нередко можно встретить лося, косулю. Не так давно этот район облюбовали несколько пар лебедей и семейство бобров.

Шелехметские горы испытывают большую антропогенную нагрузку от расположенных неподалеку крупных промышленных центров (Самара, Новокуйбышевск) и их зон отдыха.

Объекты включены в экскурсионные маршруты национального парка.

У самого подножия Шелехметских гор, на юго-востоке Самарской Луки, волжский залив растекается по долине, называется он **Змеиный затон** (площадь 47 га). Старожилы до сих пор называют его озером, так как до строительства каскада водохранилищ на Волге оно соединялось с рекой только во время половодья. После поднятия уровня воды в Волге Змеиное озеро слилось с ней, образовав длинный и узкий залив-ерик.

Говорят, свое название озеро (а теперь затон) получило потому, что змей в этих местах всегда было очень много. В иные годы ступить было нельзя, чтобы не наткнуться на ползущую змею. По сей день эти места считаются самыми змеиными на Самарской Луке. Однако встречи с ядовитой гадюкой достаточно редки. Здесь встречается и редкая змея - узорчатый полоз (Самарская Лука - самая северная граница его ареала).

Можно, увидеть и орлана-белохвоста - хищную птицу, занесенную в Красную книгу. Водятся в районе Змеиного затона коршуны, косули, кабаны и многие другие животные.

Растительность этого небольшого участка с уникальными природными сообществами: лугами, каменистыми степями, лесами - хвойными и лиственными, также богата и

разнообразна. Все это вместе взятое создает неповторимую красоту здешних мест и привлекает большое количество туристов.

Задание 1. Изучить и записать флору и фауну национального парка Самарская лука. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 11.

Таблица 11

Флора и фауна национального парка Самарская лука

№ п/п	Флора национального парка Самарская лука	Фауна национального парка
1		
2		
3		

Контрольные вопросы

1. Особенности географического положения Самарской луки.
2. Назовите 6 видов растений, которые относятся к узким эндемикам Жигулей?
3. Укажите менее узкие эндемики, области распространения которых охватывают не только Жигули, которые встречается только на Приволжской возвышенности?
4. Назовите реликтовые виды растений, сохранившиеся до наших дней с древнейших геологических эпох в национальном парке?
5. В чем заключается своеобразие фауны Самарской Луки?
6. Укажите реликтовые виды фауны, отделенные значительным расстоянием от своего основного ареала обитания?
7. Назовите разнообразные виды млекопитающих Самарской Луки ?

Занятие 9. Национальный парк Бузулукский бор. Жигулевский заповедник.

Цель занятия: научиться различать флору и фауну национального парка Бузулукский бор.

Специфика ландшафта парка заключается в уникальном сочетании лесных, степных, луговых и болотных сообществ. Более двух третей массива занято сосновыми лесами. Среди них наиболее типичны мшистые, сложные и травяные боры. Достопримечательностью бора являются две сосны в возрасте 300-350 лет.

Бор почти со всех сторон окаймлён полосой лиственного леса, граничащего со степью. Полоса лиственных лесов — дубняков, тополёвников и ольшаников — протянулась вдоль течения реки Боровки, отдельные участки осинников и березняков рассеяны по всему бору.

На территории парка отмечено произрастание 13 видов редких видов растений, включенных в Красные книги России и Оренбургской области.

Охраняемые виды

На территории бора произрастают растения редкие, как для степной, так и для лесной зоны. Причем для некоторых видов бор является единственным местом нахождения на территории Оренбургской области, среди них:

Diphasiastrum complanatum (L.) Holub. (Дифазиаструм сплющенный) – обитатель зеленомошных боров. Вечнозеленое многолетнее травянистое растение. Стебли ползучие до 1,5 м длины, неглубоко погруженные в почву, ветвящиеся и выпускающие на различном расстоянии друг от друга веерообразно расположенные пучки сплюснутых веточек.

Статус. Категория: I. Таксон, находящийся под угрозой исчезновения. Очень редкое растение, представленное малыми популяциями.

Численность и тенденции ее изменения. Крайне низкая, резко снижается. Лимитирующие факторы. Требовательность к почвенно-грунтовым и фитоценотическим условиям, сложный цикл развития, слабая конкурентоспособность, пограничный эффект и ограниченное число подходящих мест обитания, хозяйственная эксплуатация лесов.

Neottianthe cucullata (L.) Schlehter (Неоттианта клобучковая) – произрастающая по светлым зеленомошным, мертвопокровным, низкотравным хвойным и смешанным лесам. Многолетнее травянистое растение с шаровидным или почти шаровидным клубнем, покрытым густым войлоком из буроватых волосков. Одновременно присутствуют 2 клубня – старый, слегка сморщенный, и молодой, плотный, светлый с почкой возобновления будущего года. Стебель ребристый, голый, 6,5 – 30 см выс. Соцветие – однобокая кисть до 8 см дл., из 6-25 фиолетово-розовых, реже бледно-розовых цветков.

Статус. Категория: I. Таксон, находящийся под угрозой исчезновения. Численность и тенденции ее изменения. Численность вида невысокая, причем плавно снижается.

Лимитирующие факторы. Окультуривание ландшафта, хозяйственное использование территории. Низкая конкурентоспособность, требовательность к эдатопическим и фитоценотическим условиям, все виды лесопользования, чрезмерная рекреационная нагрузка, выкопка растений и сбор на букеты.

Drosera rotundifolia L. (Росянка круглолистная) - представитель флоры сфагновых болот. Отмечается в Бузулукском бору в урочище «Лосиная пристань». Многолетнее травянистое насекомоядное растение. Листья распростёртые по поверхности почвы, с длинными черешками, собраны в прикорневую розетку. Листовые пластинки округлые, сверху и по краям усажены красноватыми железистыми волосками в виде головок на длинных стебельках, которые выделяют клейкую жидкость в виде блестящих капель. Они чувствительны к раздражению, и когда насекомое попадает на лист, изгибаются и захватывают его.

Статус. Категория: I. Таксон, находящийся под угрозой исчезновения. Очень редкий бореальный вид.

Численность и тенденции ее изменения. Численность крайне невысокая. Лимитирующие факторы. Исчезает из-за нарушения мест обитания.

Lilium martagon L. (Лилия кудреватая) - численность которого резко сократилась за последнее время. Растение развивается под пологом широколиственного леса. Лилия кудреватая - многолетние луковичные растения семейства лилейных. Листья продолговато-лапчатые, расположены мутовкой, по 5—6. Корни и стебли у них отмирают ежегодно, а луковица продолжает жить. Она бывает округлой, яйцевидной, сплюснутой, мелкой или больших размеров луковицей, весом до 1-2 килограммов. Цветки собраны в конечную кисть (иногда одиночные) белые, иногда розовые. Цветет в июне—июле.

Статус. Категория: II. Редкое растение, исчезающее из-за вмешательства человека. Численность и тенденции ее изменения. В типичных местах обитания численность вида не бывает высокой, не более 5-17 особей на 100 м^2.

Лимитирующие факторы. Исчезает в результате сбора населением, как декоративное, пищевое и лекарственное сырье.

Cypripedium calceolus L. (Венерин башмачок настоящий) – представлен большим количеством хорошо развитых популяций в мелколиственных (преимущественно березово-осиновых) лесах. Многолетнее травянистое растение с толстым корневищем. Стебель высотой от 20 см достигает до полуметра. Листья очередные сидячие в количестве от 2 до 5, широкие овальной или эллиптической формы с заострёнными концами и ровным краем. Цветки крупные — формой похожи на башмачок. Легенда говорит, что некогда, спасаясь в северных лесах от преследования, богиня красоты Венера оступилась среди топких болот и кочек, и с ноги ее слетел башмачок. Прекрасная туфелька богини тут же превратилась в цветок – так и появился башмачок Венеры.

Статус. Категория: I. Очень редкий, североазиатский континентальный вид, декоративен. Внесен в Красные книги СССР и РСФСР.

Численность и тенденции ее изменения. В местах произрастания встречается в виде одиночных особей и небольших группировок.

Лимитирующие факторы. Встречается спорадически. Сбор растений на букеты, изменение или разрушение местообитаний при рубке леса, мелиорации, внесении удобрений.

Stipa pennata L. (Ковыль перистый) – уязвимый вид, в бору занимает остепнённые участки бора. Многолетнее травянистое растение из семейства Злаки с коротким корневищем, выпускающим иногда очень большой пучок жёстких листьев, свёрнутых часто в трубку и похожих на проволоку. Соцветие метельчатое, колоски содержат по одному цветку

Статус. Категория: III. Уязвимый вид, включен в Красные книги РСФСР и РФ. Численность и тенденции ее изменения. В типичных местах обитания численность вида может быть высокой (свыше 30 особей на 100 м2), однако в связи с сокращением пригодных мест произрастания отмечается тенденция к ее снижению. Лимитирующие факторы. Хозяйственное освоение территории.

Cephalanthera rubra (L.) Rich. (Пыльцеголовник красный) – вид с сокращающейся численностью, на исследуемой территории отмечены две небольшие популяции, находящиеся в угнетенном состоянии. Развивается в смешанных, лиственных, реже сосновых лесах. Многолетнее растение семейства Орхидные. Стебли высотой 10-60 см, опушённые с острыми кончиками на каждом. Соцветия рыхлые, цветки от розово-фиолетовых до красных. Цветут с июня по июль, семена — мелкие и многочисленные.

Статус. Категория: I. Очень редкий вид. Включен в Красные книги РСФСР и СССР. Численность и тенденции ее изменения. В наиболее благоприятных условиях на 100 м2 может насчитываться до 20-40 особей вида. Лимитирующие факторы. Малочисленность популяций, сбор населением, хозяйственное использование территории.

Рекомендации по сохранению таксона в естественных условиях. Необходимо контролировать состояние популяций, организовать охрану в пределах памятников природы.

Orchis militaris L. (Ятрышник шлемовидный) –Многолетнее травянистое растение с подземным корневым клубнем, семейства ятрышниковых, образующее ежегодно корневые клубни, причем прошлогодние клубни обычно отмирают. Стебель одиночный прямостоячий, несущий 4—8 продолговатых листьев. Цветки неправильные, шлемовидные, розовато-лиловые, собранные в цилиндрический густой колос. Представлен двумя крупными популяциями в Бузулукском бору в удовлетворительном состоянии. Обитает на влажных лугах моховых болот.

Статус. Категория: II. Редкий вид с сокращающейся численностью. Включен в Красные книги РСФСР, СССР, РФ.

Численность и тенденции ее изменения. В типичных местах обитания число особей на 1 м2 может достигать 7-15. Вид сокращает численность.

Лимитирующие факторы. Выпас, сбор растений на букеты.

Adonis vernalis L. (Адонис весенний) – Многолетнее травянистое растение высотой до 60 см, с вертикальным коротким корневищем. Стебель округлый, голый, прямостоячий. Цветки одиночные, крупные, светло-жёлтые на верхушке стебля и ветвей. Цветёт в апреле-мае, многочисленен на открытых участках бора.

Статус. Категория: II. Редкий вид с сокращающейся численностью.

Численность и тенденции ее изменения. Численность в отдельных местах может достигать до 3-5 куртин на 1 м2.

Лимитирующие факторы. Неконтролируемая заготовка населением в качестве лекарственного сырья, сбор на букеты.

Fritillaria ruthenica Wikstr. (Рябчик русский) - Многолетнее травянистое растение, семейства Лилейные с высоким гладким, тонким стеблем. Листья очерёдные, острые, слегка стеблеобъемлющие. Цветки собраны по 1—5 в рыхлых кистевидных соцветиях на

верхушке стебля, а также в пазухах верхних листьев. Околоцветник колокольчатый, снаружи тёмно-красный, покрытый неясным, более тёмным шахматным рисунком, внутри желтоватый, с зеленоватой полоской на каждой доле. Встречается небольшими популяциями на луговых и остепненных участках, среди кустарников. Статус. Категория: III. Уязвимый, редкий декоративный вид. Внесен в Красную книгу РСФСР, СССР, РФ.

Численность и тенденции ее изменения. Численность в типичных местах обитания может достигать до 50-100 особей на 100 м2.

Лимитирующие факторы. Активный сбор на букеты и выкопка растений в целях пересадки на садовые участки.

Lathyrus litvinovii Iljin (Чина Литвинова) - Многолетнее травянистое растение семейства Бобовые, очень редко можно встретить в зарослях кустарников развивающихся по обочинам лесных опушек.

Статус. Категория: II. Редкий вид, эндемик. Внесен в Красную книгу РСФСР. Численность и тенденции ее изменения. В местах произрастания не бывает обильным, встречается преимущественно одиночными особями.

Лимитирующие факторы. Лесные пожары, вырубка древостоев, чрезмерная рекреационная нагрузка.

Anemone sylvestris L. (Ветреница лесная) - Многолетнее травянистое растение семейства Лютиковые. Стебель высотой 5—15 см, вверху почти беловойлочный. Прикорневые листья длинночерешковые, с тремя—пятью ромбическими трёхраздельными сегментами. Цветки чисто белые, снаружи опушённые. Цветет в конце весны — начале лета. Произрастает на сухих лесных полянах, склонах по лесным опушкам.

Статус. Категория: II. Редкий вид, эндемик. Внесен в Красную книгу РСФСР. Численность и тенденции ее изменения. В местах произрастания не бывает обильным, встречается преимущественно одиночными особями.

Лимитирующие факторы. Активный сбор на букеты, лесные пожары, вырубка древостоев, чрезмерная рекреационная нагрузка.

В Бузулукском бору встречается 39 видов млекопитающих, 144 вида птиц, 8 видов пресмыкающихся, 4 вида земноводных, 23 вида рыб и около 800 видов насекомых. За последние годы в бору развелось очень много лосей. Животные находятся под охраной,

С 1935 года в бору снова появились давно исчезнувшие косули. Разводятся также пятнистые олени. Постоянными обитателями бора считаются барсук, лисица, светлый хорек, горностай, ласка, белка, заяц-беляк, реже — куница, много глухарей и тетеревов-косачей. Из степных животных сюда проникли суслик рыжеватый, слепушонка, стрепет, лунь степной, чекан-каменка и другие.

Барсук — один из полезнейших обитателей бора. Он истребляет огромное количество опасных вредителей сосны — майского жука и его личинку. Лисица — энергичный истребитель мышевидных грызунов, уничтожающих бесчисленное множество семян деревьев и кустарников. В отношении этих двух зверей существует неправильное мнение о том, что они, якобы, наносят большой вред, уничтожая полезных птиц и их гнезда. Как показали проведенные в бору исследования, этот вред настолько невелик, что не заслуживает внимания.

В бору водится довольно много мелких грызунов. Помимо широко распространенных в Оренбургской области обыкновенной полевки и полевой мыши, здесь обитают типично лесные виды — желтогорлая лесная мышь и рыжая полевка.

В дуплах, под отставшей корой и в нишах строений живут полезные ночные обитатели летучие мыши. Из них следует упомянуть вечерницу гигантскую — самую крупную летучую мышь нашей области. Она истребляет не только комаров и мошек, но и сравнительно крупных насекомых — совок, усачей и майских жуков.

В Бузулукском бору вы можете видеть и таких типичных обитателей степи, как зайца-русака, рыжеватого суслика, слепушонку и степную пеструшку. Они встречаются главным образом на больших полянах и на слабо заросших лесом площадях, соседствуя с типично лесными обитателями.

Вполне естественно, что пернатое население бора многочисленно и разнообразно.

В лесах массива гнездятся глухарь, тетерев, несколько видов орлов и сов, шесть видов дятлов, несколько видов синиц, в том числе и житель хвойных лесов — синица-гаичка. Обычны на гнездовье в бору такие птицы, как кулик-вальдшнеп, серый журавль, сойка, вертишейка, зяблик. Живет здесь и много других мелких птиц. Большинство птиц Бузулукского бора — полезные обитатели, санитары леса, очищающие его от вредных насекомых и грызунов.

Так, маленькая птичка мухоловка-пеструшка, охотно заселяющая небольшие дупла и вывешанные в лесу скворечники, только за двухнедельный период выкармливания своих птенцов приносит им корм 5000 раз, т. е. не менее 5000 насекомых. Всем известная большая синица съедает в сутки столько насекомых, сколько весит сама. Обычный житель больших дуплистых деревьев сова неясыть каждую ночь вылавливает 5–7 мышей.

Общий список птиц и зверей, обитающих в бору, равен почти 180 видам. Земноводных и пресмыкающихся много меньше, всего 12 видов. Черную гадюку и разноцветную ящерицу вы не найдете в других местах Оренбургской области. В Бузулукском же бору оба пресмыкающихся вполне обычны, хотя черная гадюка не многочисленна. Она встречается по старым вырубкам сложных боров и избегает мшистые и лишайниковые сосняки. К сожалению, к числу ядовитых змей иногда причисляют и змею медянку. Она совершенно безвредна. Без всякой опасности для себя вы можете взять ее в руки. В бору она поедает различных насекомых и ящериц, принося известную пользу лесному хозяйству. В желудках медянок приходилось обнаруживать майских жуков, мраморных хрущей и других вредителей сосны.

В Красный список МСОП занесены обитающие на территории Бузулукского бора орлан-белохвост, сапсан, дрофа, стрепет, кречетка, русская выхухоль.

Жигулёвский заповедник - государственный природный заповедник, расположенный на Самарской Луке, в Самарской области.

Общая площадь заповедника 23 157 гектаров (из которых 542 гектара расположено на островах Волги). Вокруг заповедника установлена охранная зона 1132 гектара.

В 2007 году Жигулёвский заповедник получил сертификат ЮНЕСКО об организации в России комплексного Средне-Волжского биосферного резервата, в который входят Жигулевский заповедник и национальный парк «Самарская Лука».

Флора заповедника. 93,7 % территории заповедника покрыто лесами, на материковой части в лесах преобладает липа мелколистная (10 851 га), осинники (5368 га). Встречаются сосновые (1811 га), дубовые (1664 га), берёзовые леса (1071 га) и леса с преобладанием клёна остролистного (481 га). В пойменной части леса преимущественно состоят из осокоря (113 га), с преобладанием вяза гладкого (36 га), ольхи чёрной (13 га) и ивы белой (12 га). В целом растительность заповедника весьма разнообразна. Наиболее изученной является флора сосудистых растений. К 1984 году на территории заповедника было достоверно зафиксировано 832 вида из 90 семейств и 370 родов растений. К настоящему времени 58 из них исчезли.

Самыми крупными из представленных являются семейства сложноцветных (42 рода, 105 видов) и злаковых (31 род, 67 видов), широко представлены бобовые, розоцветные, крестоцветные, и половина семейств представлена 1-2 видами.

Наиболее ценными и интересными для науки являются эндемичные растения, реликтовые экземпляры, а также те, которые впервые были описаны по сборам, сделанным на территории заповедника. Также ценны виды вообще редкие для флоры региона и стра-

ны. Всего на территории жигулёвского заповедника около сотни видов растений представляют особый интерес для науки.

Узкими эндемиками Жигулей и Жигулёвского заповедника являются молочай жигулёвский, качим жигулёвский, качим Юзепчука и солнцецвет жигулёвский. Ещё 22 вида растений признано эндемиками более крупных регионов: астрагал Цингера, колокольчик волжский, лён украинский, пижма жестколистная, тонконог жестколистный, боярышник волжский.

30 видов растений признаны реликтами различных геологических эпох. Это плиоценовые степные (гвоздика иглолистная, истод сибирский, клаусия солнцелюбивая,можжевельник казацкий, овсец пустынный, солнцецветы жигулевский и монетолистный, шаровница крапчатая) и лесные реликты (ветреница алтайская, володушказолотистая, короставник татарский, лазурник трехлопастный, медуница мягкая), представители ледникового периода: майник двухлистный и толокнянка обыкновенная, и других эпох: голокучник Робертов, диплазий сибирский, костенец волосовидный, горец альпийский, козелец австрийский, копеечник Разумовского, терескен серый, эфедра двухколосковая.

Впервые описаны в Жигулёвском заповеднике, помимо эндемичных видов, ковыль Лессинга, лядвенец жигулёвский, овсяница волжская.

Фауна заповедника. По сведениям на 1984 года было отмечено 213 видов наземных позвоночных, постоянно обитающих на территории заповедника и его окрестностей или регулярно её посещающих. Из них 101 вид многочисленны, постоянно обитающие, 112 - редки. Это 40 видов млекопитающих (25 многочисленных), 158 видов птиц (70), 7 видов пресмыкающихся (3), 8 видов земноводных (3).

Млекопитающие представлены 6 отрядами: 5 видов насекомоядных, 6 видов рукокрылых, 15 видов грызунов, 2 представителя зайцеобразных, 3 вида парнокопытных и 9 видов хищников. Среди птиц - 14 отрядов, среди которых наиболее распространены воробьиные - 79 видов, дневные хищники - 15 видов, гусеобразные - 14 видов, дятлообразные - 7 видов. Остальные отряды представлены 1-6 видами. По постоянству пребывания 29 видов птиц являются оседлыми, 77 гнездящимися, 41 пролётный вид, 4 вида зимующих и 8 видов залётных птиц. Наиболее редкие охраняемые птицы: орлан-белохвост, скопа и беркут.

Фауна пресмыкающихся представлена 3 видами ящериц и 4 видами змей. Земноводные в основном являются представителями бесхвостых - 7 видов. Также в акватории заповедника встречается около 40 видов рыб, однако охраняемый участок Саратовского водохранилища весьма мал, и говорить об ихтиофауне собственно заповедника невозможно. Также в заповеднике обитает несколько тысяч насекомых, однако они изучены значительно меньше, чем позвоночные.

Копытные.

Единственный аборигенный вид копытных на заповедной территории - лоси. К моменту создания заповедника их оставалось всего 7 штук на всей территории Самарской Луки. Охранные режим способствовал их сохранению и к началу 1940-х только на территории заповедника их было 20-30 голов, к 1960-м годам - 40 голов, а к середине 1970-х - достигла максимума за всю историю наблюдений - 300 голов в заповеднике и около 1 тысячи на территории Луки. В дальнейшем наблюдалось некоторые снижение численности вызванной как климатическими изменениями, так и запретами на вырубки леса на прилежащих территориях, которые были любимой кормовой базой для лосей.

В 1938 году в заповедник было привезено и выпущено около 30 голов пятнистого оленя. Поддержка со стороны человека позволила им увеличить численность до ста голов к моменту закрытия заповедника в 1951 году. Без помощи человека однако, олени выжить не смогли: зима 1955-1956 с глубоким снегом, из под которого олени не могли достать

пищу, рост численности волков, браконьерство привели к тому, что олени к началу 1960-х годов погибли.

С 1960 года на территории заповедника встречаются косули, чья численность непостоянна и невелика, а с 1973 года - кабаны, чья численность, наоборот, слишком велика для ограниченной территории заповедника. Кабаны в поисках пищи, нарушают реликтовую растительность заповедника, приходится прибегать к регулированию их численности путём организации подкормки за пределами заповедника и их отстрела за пределами заповедных территорий.

Хищные.

Ещё в XIX веке был уничтожен последний бурый медведь на территории Самарской Луки. С тех пор самыми крупными хищниками являются волки и рыси. Их численность исторически не постоянна, в отдельные периоды они полностью истреблялись на территории Самарской Луки.

Порой численность волков принимала угрожающие размеры. Так в 1976 году их насчитывалось около 30 животных. Практика показывает, что необходимы постоянный мониторинг численности волков и их регуляция при появлении более, чем одной стаи - не более 7 особей. Регулирование при этом вполне можно проводить вне пределов заповедной территории.

Рысь встречается примерно с 1981 года. Число животных невелико, необходимость в регуляции отсутствует.

Из более мелких хищников широко распространён барсук обыкновенный, лесная куница. Изредка встречаются лесной хорёк, горностай и ласка. Очень редко встречается енотовидная собака. Число лис колеблется в пределах от двух десятков до сотен.

Грызуны.

Численность мышевидных зависит от урожая желудей, семян сосны, липы, клёна, а также от природных условий. В истории сохранилось описание того, как после двух урожайных для дуба лет численность белок выросла до нескольких тысяч особей, и они пытались даже переплыть Волгу. Сегодня численность белок регулируется ещё и куницами, и длиннохвостыми неясытями. Преимущественно белки обитают около населённых пунктов, где угрожающие хищники предпочитают не появляться. Многочислен заяц-беляк, заяц-русак встречается на порядок реже.

Птицы.

Большое разнообразие территорий заповедника приводит к большому видовому разнообразию птиц. В Жигулёвском заповеднике представлено около 80% представителей орнитофауны Самарской области.

Среди оседлых птиц наиболее обычны дятловые (пёстрый, седой, белоспинный, малый и чёрный дятлы), длиннохвостая синица, синицевые (буроголовая гаичка,обыкновенная лазоревка, большая синица), обыкновенный поползень, обыкновенная пищуха. Обыкновенная кукушка паразитирует преимущественно на белой трясогузке, садовой камышовке, славке и пеночках.

Встречаются совообразные, преимущественно серая и длиннохвостая неясыти, реже домовой сыч, очень редок филин. Боровая дичь: глухари, тетерева и рябчик - весьма редки.

После создания ГЭС и появления незамерзающих проток орланы-белохвосты способны ловить рыбу круглый год и перестали улетать на зиму.

Среди перелётных птиц встречаются как встречающиеся только на территории заповедника: скопа, так и широко и повсеместно распространённые. Территория заповедника играет большую роль в миграциях лебедей-шипунов, серого гуся, большого крохаля и различных уток.

На территории заповедника не постоянно, но встречаются серая цапля, золотистая щурка, озёрная чайка, черноголовый хохотун, речная крачка. Зимой встречаются серый сорокопут, свиристели, снегири, чечётки и желтоголовый королёк.

С течением времени численность и видовой состав птиц заповедника изменяется. С 1940-х годов более не встречались малая выпь, чёрный аист, сапсан и огарь, с 1980-х - каменка-плешанка. Однако с 1980-х встречаются также гнездовья камышницы и глухой кукушки, а с 2000-х - горихвостки-чернушки и черноголового чекана. В первую очередь изменения происходят под воздействие антропогенных факторов. Так из-за нефтепромыслов, строительства дорог и заселения прибрежной полосы были уничтожены прибрежные и ряд горных птичьих сообществ, а из-за выпаса скота и суходольные орнитокомплексы. Взамен распространились новые, преимущественно синантропные (с сизым голубем, деревенской ласточкой, домовым воробьём) и полевые (перепел, полевой жаворонок, жёлтая трясогузка) сообщества.

Задание 1. Изучить и записать флору и фауну национального парка Бузулукский бор. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 12.

Таблица 12

Флора и фауна национального парка Бузулукский бор

№ п/п	Флора национального парка Бузулукский бор	Фауна национального парка
1		
2		
3		

Задание 2. Изучить и записать флору и фауну Жигулевский заповедника. Для записи используйте нижеприведенную форму таблицы 9.

Таблица 13

Флора и фауна Жигулевского заповедника

№ п/п	Флора Жигулевского заповедника	Фауна Жигулевского заповедника
1		
2		
3		

Контрольные вопросы

1. Какое количество редких видов растений Бузулукского бора, включены в Красную книгу?
2. Какое количество видов млекопитающих и птиц встречается в Бузулукском бору?
3. Кто из обитателей бора истребляет огромное количество опасных вредителей сосны — майского жука и его личинку?
4. Кого из млекопитающих можно назвать энергичным истребителем мышевидных грызунов?
5. Назовите самую крупную летучую мышь Бузулукского бора?
6. Какие семейства растений являются самыми крупными из флоры Жигулевского заповедника?
7. Назовите узкие эндемиками Жигулей и Жигулёвского заповедника?
8. Какие самые крупные хищники проживают на территории Жигулевского заповедника?
9. Сколько процентов представителей орнитофауны Самарской области представлено в Жигулёвском заповеднике?
10. Укажите причину распространения в Жигулевском заповеднике преимущественно синантропных (с сизым голубем, деревенской ласточкой, домовым воробьём) и полевых (перепел, полевой жаворонок, жёлтая трясогузка) сообществ?

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Природа Самарской области.
2. Климат Самарской области.
3. Полезные ископаемые Самарской области.
4. Целебные минеральные источники Самарской области.
5. Гидрография Самарской области.
6. Фауна Самарской области.
7. Флора Самарской области.
8. Бузулукский бор
9. Жигулевский государственный заповедник.
10. Национальный Парк Самарская лука.
11. Леса Самарской области.
12. Генковские лесополосы.
13. Луга Самарской области.
14. Растительность водоемов Самарской области.
15. Водоросли Самарской области
16. Споровые растения Самарской области.
17. Редкие и охраняемые лекарственные и ягодные растения Самарской области: толокнянка обыкновенная, манжетка дубравная, змеевик лекарственный, адонисы весенний и волжский, кизильники черноплодный и алаунский, ядовитая цикута, камфоросма монпелийская.
18. Редкие и охраняемы растения Самарской области: папоротники, костенец воловосидный, постенный и северный, кочедыжник женский, гроздовник полулунный.
19. Редкие и охраняемы декоративные растения Самарской области: кала или белокрыльник болотный, колокольчики жестковолосистый, широколистный и волжский, васильки сибирский и Талиева.
20. Редкие и охраняемы декоративные растения Самарской области: лук косой, привлекательный и каспийский, ветреницы алтайская и Коржинского, астра альпийская, астрагалы многоплодный, Гельма, бороздчатый, Цингера, волжский.
21. Рыбы Самарской области.
22. Птицы Самарской области.
23. Млекопитающие Самарской области.
24. Земноводные Самарской области.
25. Пресмыкающиеся Самарской области.
26. Беспозвоночные животные Самарской области.
27. Тип кольчатые черви. Семейство люмбрицовые
28. Тип членистоногие. Отряд пауки: семейство атипиды, эрезиды, пауки-волки.
29. Класс насекомые. Отряд прямокрылые. Семейство кузнечиковые. Семейство саранчовые. Семейство настоящие стрекозы
30. Отряд полужесткокрылые. семейство клопы-охотники, хищницы, щитники древесные, щитники настоящие.
31. Отряд чешуекрылых. Семейство мешочницы, настоящие моли, листовертки, древоточцы.
32. Класс костные рыбы. Отряд осетрообразные, лососеобразные.
33. Класс земноводные. Отряд хвостатые земноводные, бесхвостные земноводные.
34. Класс пресмыкающиеся или рептилии. Отряд черепахи, ящерицы, змеи.
35. Класс птицы. Отряд поганкообразные, ржанкообразные, ракшеобразные дятлообразные, воробьинообразные.
36. Класс птицы. Отряд аистообразные, гусеобразные, соколообразные, курообразные, журавлеобразные, совообразные.

37. Редкие и исчезающие насекомые Самарской области: Дозорщик – император, Жук-олень, Усач альпийский, Аполлон обыкновенный, Шмель армянский, Шмель степной, Пчела-плотник.
38. Редкие и охраняемы земноводные Самарской области: тритон обыкновенный, гребенчатый; лягушка травяная, съедобная; жаба серая.
39. Редкие и охраняемы пресмыкающиеся или рептилии Самарской области: черепаха болотная; ящурка разноцветная, живородящая; уж водяной, медянка обыкновенная, полоз узорчатый; гадюка степная восточная, обыкновенная.
40. Редкие и охраняемы птицы Самарской области: Поганка малая, Цапля большая белая, Аист черный, Лебедь-шипун, Огарь.
41. Редкие и охраняемы птицы Самарской области: Скопа, Лунь степной, Змееяд, Орел-карлик Орел степной, Могильник, Беркут, Орлан-белохвост, Балобан, Сапсан.
42. Редкие и охраняемы птицы Самарской области: Глухарь, Журавль серый, Дрофа, Стрепет, Кулик-сорока, Хохотун черноголовый, Крачка белощекая, Крачка малая.
43. Редкие и охраняемы птицы Самарской области: Филин, Сплюшка, Сизоворонка, Дятел зеленый, Каменка-плешанка, Синица усатая, Ремез обыкновенный.
44. Редкие и охраняемы млекопитающие Самарской области: Выхухоль русская, Белозубка белобрюхая, Водяная кутора, Ночница Наттерера, Гигантская вечерница, Пищуха степная. Редкие и охраняемы млекопитающие Самарской области: Слепыш обыкновенный Хомячок Эверсманна, Норка европейская, Перевязка южнорусская, Выдра речная.
45. Редкие и исчезающие рыбы Самарской области: Белорыбица, Кумжа, Белуга, Голавль, Елец обыкновенный, Кумжа, Лосось каспийский, Осётр русский, Подкаменщик обыкновенный.
46. Редкие и исчезающие рыбы Самарской области: Подуст волжский, Пузанок северокаспийский, Русская быстрянка, Севрюга, Сельдь волжская, Сельдь-черноспинка, Таймень обыкновенный.
47. Эндемики Самарской области.
48. Ядовитые растения самарской области.
49. Съедобные и ядовитые грибы Самарской области.
50. Рудеральные растения Самарской области.
51. Особо охраняемые территории Самарской области.

Литература

1 Основная литература

1.1. Красная книга Самарской области. Растения, лишайники, грибы/. Тольятти Конева Н.В. Сенатор С.А., Саксонов С.В.: КасандраТольятт, 2009. – С. 79-80. [Электронный ресурс] Режим доступа:
http://www.docme.ru/doc/277097/krasnaya-kniga-rastenij-samarskoj-oblasti
1.2. Красная книга Самарской области. Т.2. Редкие виды животных / Под ред. чл.-корр. РАН Г.С.Розенберга и проф. С.В. Саксонова. - Тольятти, ИЭВБ РАН 2007. [Электронный ресурс] Режим доступа:
https://sites.google.com/site/krasnaaknigasamarskojoblasti
1.3. Надежкин С.Н., Полезные, вредные и ядовитые растения/С.Н. Надежкин, И.Ю. Кузнецов. – М.: ООО «Издательство Кно Рус», 2010. – 248с. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.book.ru/book/915924/view
1.4. Наугольных С.В., Сидоров А.А. Первая находка репродуктивного органа неггератиофита в пермских отложениях России // Эволюция органического мира в палеозое и мезозое. Сборник научных работ – С. Петербург: Изд-во «Маматов», 2011.

2. Дополнительная литература:

2.1. Дмитриева Э.Я., Кабытов П.С.. Самарская область. Учебное пособие. Издательство ЗАО "Самарский информационный концерн", 2001.
2.2. Журба О.В. Лекарственные, ядовитые и вредные растения / О.В. Журба. М.Я.Дмитриев. — М.: КолосС, 2008. — 512 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.litmir.co/bd/?b=230647

3. Базы данных библиотек, информационно-справочные и поисковые системы Интернета

3.1. Аграрная российская информационная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aris.ru
Википедия [Электронный ресурс] – режим доступа: http://ru.wikipedia.org
https://ru.wikipedia.org/wiki/
3.2. Министерство природных ресурсов и экологии РФ [Электронный ресурс] – режим доступа: http://mnr.gov.ru/news/
3.3. Природа Самарской области [Электронный ресурс] – режим доступа:
www.samtourinfo.ru/priroda.htm
3.4 Природа Самарской области [Электронный ресурс] – режим доступа:
http://samara-priroda.narod.ru/index/0-20
3. 5 Руконт [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://rucont.ru/catalog
3.6.Флора и фауна [Электронный ресурс] – режим доступа:
http://www.eco63.ru/biologicheskie-resursy-0
3.7. Флора и фауна Самаркой области фауна [Электронный ресурс] – режим доступа: http://irrinia.jimdo.com/
3.8 Экологический паспорт Самарской области [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.ecopassport.samregion.ru
3.9. Ядовитые травы, кустарники и деревья [Электронный ресурс] - Режим доступа**:**
http://www.fitopoison.ru/page12.html

Учебное издание

Корнилова Валентина Анатольевна

РЕГИОНАЛЬНАЯ ФЛОРА И ФАУНА

Методические указания для выполнения лабораторных занятий

Отпечатано с готового оригинал-макета

Подписано в печать 29.04.2013 г. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 3,09, печ. л. 3,43.

Тираж 100. Заказ №9.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2

Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47.

Факс 46-2-44.

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Экология популяций и сообществ

Методические указания
для проведения практических занятий

для студентов 4 курса очного отделения, обучающихся
по направлению подготовки 06.03.01 «Биология»

Кинель
РИЦ СГСХА
2015

УДК 577.4 (07)
ББК 40.08 Р
П-30

Петряков, В. В.
П-30 Экология популяций и сообществ : методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Экология популяций и сообществ». Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 89 с.

В методических указаниях кратко изложен лекционный и практический материал по дисциплине «Экология популяций и сообществ»; даны представления об основных понятиях в области дем- и синэкологии, охарактеризованы структура и динамика популяции, формы взаимоотношений между особями, а также описано развитие и устойчивость сообществ.
Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» и других биологических специальностей.

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2015
© Петряков В. В., 2015

Предисловие

Целью издания методических указаний «Экология популяций и сообществ» является формирование у студента целостных представлений об организации, структуре, динамике, подходах в изучении, рациональном использовании и охране основных типов надорганизменных природных систем – популяций и сообществ. Важнейшее значение уделяется вопросам устойчивости популяций и сообществ, структуре и динамики популяции, типам и классификации сообществ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП):

- возможность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовых знаний в области математики и естественных наук, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

- возможность демонстрировать знания принципов структурной и функциональной организации биологических объектов и механизмов гомеостатической регуляции; применять основные физиологические методы анализа и оценки состояния живых систем.

Практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в экологические процессы и явления. Для рассмотрения одной темы на каждое практическое занятие студентам отводится 2 часа.

ЗАНЯТИЕ №1
Популяционная структура вида

Цель занятия: изучить понятие популяции и вида, характеристики географических и экологических популяций.

Задание 1. История понятия «популяция». Клинальная изменчивость.

Задание 2. Характеристика разновидностей популяций.

История понятия «популяция». Клинальная изменчивость

Термин «популяция» происходит от латинского *populus* – население. Долгое время (начиная с конца XVIII в.) популяцией называли (а часто называют и сейчас) любую группировку организмов, обитающих на определенной территории.

В 1903 г. датский генетик Вильгельм Людвиг Иогансен впервые употребил термин «популяция» для обозначения группы особей, неоднородной в генетическом отношении.

Иогансен впервые применил комплекс генетических и статистических методов для изучения структуры популяции самооплодотворяющихся (самоопыляющихся) организмов. Он избрал объектом исследования популяции самоопылителей, которые можно было легко разложить на группы потомков отдельных самоопыляющихся растений, т. е. произвести выделение *чистых линий.* Анализу была подвергнута масса (размеры) семян фасоли Phaseolus vulgaris. В настоящее время известно, что масса семян определяется полигенно (т.е. несколькими генами) и в сильной степени подвержена влиянию факторов внешней среды.

Иогансен провел взвешивание семян одного сорта фасоли и построил вариационный ряд по этому показателю. Масса варьировала в пределах от 150 до 750 мг. В дальнейшем семена массой 250-350 и 550-650 мг были высеяны отдельно. С каждого выросшего растения семена были вновь взвешены. Тяжелые (550-650 мг) и легкие (250-350 мг) семена, выбранные из сорта, представляющего популяцию, дали растения, семена которых отличались по массе: средняя масса семян растений, выросших из тяжелых семян, составила 518,7 мг, а из легких – 443,4 мг. Этим было показано, что сорт – популяция фасоли состоит из генетически различных растений, каждое из которых может стать родоначальником

чистой линии. На протяжении 6-7 поколений Иогансен отбирал тяжелые и легкие семена с каждого растения в отдельности. Ни в одной линии не произошло сдвига массы семян. Изменчивость размеров семян внутри чистой линии была ненаследственной, модификационной.

Таким образом, В. Иоганнсен генетически неоднородные (гетерогенные) популяции противопоставлял однородным *чистым линиям* (или клонам), в которых невозможен отбор (нет выбора!).

Вскоре подобные исследования были выполнены и для перекрестно-оплодотворяющихся организмов (работы Д. Джонса и Е. Иста с табаком).

Английский математик Годфри Харди (1908) сформулировал понятия *панмиксии* (свободного скрещивания) и создал математическую модель для описания генетической структуры *панмиктической популяции*, т.е. популяции свободно скрещивающихся раздельнополых организмов. Немецкий врач-антропогенетик Вильгельм Вайнберг (в этом же 1908 г.) независимо от Харди создал сходную модель панмиктической популяции.

Учение о неоднородности популяций развил российский генетик Сергей Сергеевич Четвериков. Его работой «О некоторых аспектах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» (1926) было положено начало современной эволюционной и популяционной генетики. В 1928 г. Александр Сергеевич Серебровский создает *учение о генофонде*.

В течение 1920-1950-ых гг. в англоязычных странах формируется понятие *идеальной популяции*, и на основании этого понятия интенсивно развивается математическая генетика (Сьюелл Райт, Рональд Фишер, Джон Холдейн (J. B. S. Haldane и др.).

В нашей стране учение о популяциях развивалось в работах И. И. Шмальгаузена (популяция рассматривалась как элементарная единица эволюционного процесса), А. Н. Колмогорова (анализировались случайные процессы в популяциях) и других ученых. Однако в большинстве случаев популяция рассматривалась с экологической точки зрения (например, как *форма существования вида*; С. С. Шварц). Лишь в 1906–1970-гг., благодаря работам Н. В. Тимофеева-Ресовского и его сотрудников формируется синтетический подход к определению популяции как эколого-генетической системы.

Вид (лат. *species*) – основная структурная единица биологической систематики живых организмов (животных, растений и микроорганизмов) – таксономическая, систематическая единица, группа особей с общими морфофизиологическими, биохимическими и поведенческими признаками, способная к взаимному скрещиванию, дающему в ряду поколений плодовитое потомство, закономерно распространённая в пределах определённого ареала и сходно изменяющаяся под влиянием факторов внешней среды.

В природе практически не существует видов, которые были бы повсеместно распространены. Обычно каждый вид имеет свою область распространения – *ареал*, границы которого определяются границами пригодных для данного вида условий обитания. Космополитами – видами, обитающими повсеместно, являются, прежде всего человек, сумевший освободиться из-под влияния окружающей среды, и (с определенной долей условности) некоторые обитающие совместно с ним животные, такие как серая крыса и рыжий таракан.

Границы ареалов видов со временем изменяются. Как правило, это связано с изменением условий существования, а также с адаптацией видов к новой среде обитания. В настоящее время ареалы многих видов меняются под влиянием хозяйственной деятельности человека. При этом ареал может сокращаться, как у соболя, или расширяться, как у зайца-русака.

Условия среды определяют не только границы ареала, но и закономерности размещения особей в пределах этих границ. Как правило, внутри своего ареала животные, растения, грибы или микроорганизмы распределены неравномерно: можно выделить отдельные «сгущения» – популяции.

Каждый биоценоз состоит из множества видов, но виды входят в него не отдельными особями, а популяциями или их частями. ***Популяция*** – это часть вида (состоит из особей одного вида), занимающая относительно однородное пространство и способная к саморегулированию и поддержанию определенной численности. Каждый вид в пределах занимаемой территории, таким образом, распадается на популяции.

Популяция – совокупность особей того или иного вида, в течение большого числа поколений населяющих определенное пространство, внутри которого особи могут относительно свободно

скрещиваться друг с другом, в то время как обмен особями с соседними популяциями в значительной мере затруднен.

Популяционная структура видов зачастую бывает довольно сложной, и локальные поселения можно объединить в более крупные группировки. Популяции высокого ранга, объединяющие несколько более мелких единиц, стабильны во времени, и могут обладать собственной эволюционной судьбой. В силу того, что разные популяции в большей или меньшей степени изолированы друг от друга, между ними накапливаются генетические и морфологические различия – формируется внутривидовая географическая (*клинальная*) изменчивость.

Клинальная изменчивость (clinal variability) [греч. *klino* – наклоняю] – количественный градиент, непрерывное постепенное изменение признака во всем ареале вида или в части ареала вида, одно из выражений внутривидовой географической изменчивости. Клинальная изменчивость является результатом адаптации популяций к градациям каких-либо абиотических или биотических факторов среды. В конечном итоге происходящая клинальная изменчивость обусловлена действием естественного отбора. Термин предложен Дж. Хаксли в 1939 г.

Этим термином обозначают непрерывный ряд изменчивости, как правило сопряженный с географической широтой, долготой или высотой над уровнем моря. Обычно клинальная изменчивость носит адаптивный (приспособительный) характер и связана с плавным изменением условий среды. Существует несколько правил, описывающих закономерности клинальной изменчивости.

А) Правило Бергмана: особи теплокровных животных (птиц и млекопитающих) из северных популяций вида крупнее, чем из южных. Такая закономерность объясняется особенностями терморегуляции: теплопродукция пропорциональна объему тела, а теплоотдача – его поверхности. Удельная поверхность тела (отношение площади поверхности к объему) меньше у крупных животных. Поэтому на севере «полезно» быть крупным, чтобы больше производить тепла и меньше его отдавать, а на юге – мелким.

Б) Правило Алена: у млекопитающих особи из северных популяций вида имеют более короткие выступающие части тела (уши, хвост, лапы), а на юге – более длинные. Это правило, как и правило Бергмана, объясняется механизмами терморегуляции –

выступающие части увеличивают удельную поверхность тела и способствуют теплоотдаче.

В) Правило Глогера: особи теплокровных животных из популяций, обитающих в районах с теплым и влажным климатом, имеют более насыщенную окраску, а в местностях с холодным и сухим климатом – более тусклую. Физиологический смысл этого явления не совсем ясен и, вероятно, связан с особенностями синтеза пигментов.

Часто внутривидовая географическая изменчивость носит не плавный, а прерывистый характер: все популяции внутри ареала вида можно объединить в несколько групп, заметно отличающихся друг от друга по внешнему виду особей. Такие группы популяций, каждая из которых имеет свой ареал, называются ***подвидами***.

Подвид – это совокупность особей, на населяющих географически однородную часть видового ареала и отличающихся устойчивыми морфологическими признаками от особей других подвидов. Подвиды обычно пространственно изолированы друг от друга какими-либо преградами (реками, горами, степями и т.п.).

В отличие от клинальной изменчивости, морфологическим различиям между подвидами обычно невозможно дать адаптивное объяснение. Основная причина, приводящая к возникновению этих различий, заключается в длительной географической изоляции подвидов друг от друга. Географическая изоляция со временем может привести к видообразованию и подвиды часто считают зарождающимися видами. Поэтому не всегда четко можно провести грань между близкородственными видами и подвидами одного вида.

Характеристика разновидностей популяций

Важнейшим признаком популяции является занимаемая ею общая территория. Но в пределах популяции могут быть более или менее изолированные по разным причинам группировки. Поэтому дать исчерпывающее определение популяции затруднительно из-за размытости границ между отдельными группами особей.

Известный отечественный эколог профессор МГУ Николай Павлович Наумов в 1955 г выделил три типа популяций в пространственно-генетическом отношении: географическую, экологическую и элементарную. При этом географические популяции – более широкое понятие, они делятся на экологические, а

экологические в свою очередь на элементарные популяции. Естественно, не у всех видов чётко выражены эти типы популяций.

Географическая популяция

Географическая популяция – это крупная территориальная группировка особей общего населения вида. Это группа особей одного вида, населяющих пространство с географически однородными условиями существования, в пределах которого наблюдается единый ритм жизненных явлений и другие функциональные особенности, создающие морфологический тип, отличающий данную географическую популяцию от находящихся в иных географических условиях. Географическую популяцию часто приравнивают к подвиду.

Географическая популяция представляет собой совокупность экологических популяций, заселивших географически сходные районы. Она адаптирована к особенностям климата, рельефа и составу живого населения разных биогеоценозов на большом географическом пространстве ареала вида. Географические популяции обычно разделены преградами (реки, озера, горы и т.д.). Однако полной изолированности не происходит. Такие популяции обычно делятся на группы (в зависимости от биогеоценозов, микроклимата и т.д.).

Основными критериями при выделении географических популяций являются:

1) величина занимаемой территории;

2) степень миграции особей между группами смежных популяций.

Экологическая популяция

Экологическая популяция – это группа особей, обладающая их свойством целостности и характеризующаяся особым местообитанием. Однако степень общения между ними выше по сравнению с особями географических популяций. Такая популяция характеризуется единством экологических реакций на внешние воздействия.

У обитателей одного природного сообщества развивается особый, уникальный, но единообразный тип реакций, образа жизни биологических ритмов. Популяции такого типа ограничены, но не изолированы друг от друга а, следовательно, довольно часто происходит обмен генетической информацией.

Элементарная популяция

Элементарная популяция (микропопуляция) – это небольшая группировка особей одного вида в биогеоценозе, характеризующаяся практически полной панмиксией (свободное скрещивание разнополых особей в популяции). Та или иная степень *панмиксии* характерна для большинства видов животных и растений.

В состав входят близкие в генетическом плане особи. Различие между микропопуляциями определяются средой обитания. Однако различия довольно быстро стираются из-за перемещения особей.

Контрольные вопросы

1. История понятия «популяция». Вклад учёных в её развитие.
2. Раскрыть понятие «клинальная изменчивость».
3. Правила, описывающие закономерности клинальной изменчивости.
4. Раскрыть понятие «подвид».
5. Охарактеризовать географическую, экологическую и элементарную популяции.

ЗАНЯТИЕ №2
Экологическая структура популяции и вида

Цель занятия: изучить экологическую характеристику популяции, популяционную структуру вида и классификацию популяции.

Задание 1. Экологическая характеристика популяции.

Задание 2. Популяционная структура вида. Степень обособленности и классификация популяции.

Экологическая характеристика популяции

Популяцией в экологии называют группу особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и совместно населяющих общую территорию.

Слово «популяция» происходит от латинского «популюс» – народ, население. Экологическую популяцию, таким образом,

можно определить, как население одного вида на определенной территории.

Члены одной популяции оказывают друг на друга не меньшее воздействие, чем физические факторы среды или другие обитающие совместно виды организмов. В популяциях проявляются в той или иной степени все формы связей, характерные для межвидовых отношений, но наиболее ярко выражены мутуалистические (взаимно полезные) и конкурентные.

Для популяции характерны специфические внутривидовые взаимосвязи – это отношения, связанные с воспроизводством: между особями разных полов и между родительским и дочерним поколениями. При половом размножении обмен генами превращает популяцию в относительно целостную генетическую систему. Если перекрестное оплодотворение отсутствует и преобладает вегетативное, партеногенетическое или другие способы размножения, генетические связи слабее и популяция представляет собой систему клонов, или чистых линий, совместно использующих среду. Такие популяции объединены в основном экологическими связями. Во всех случаях в популяциях действуют законы, позволяющие таким образом использовать ограниченные ресурсы среды, чтобы обеспечить оставление потомства. Достигается это в основном через количественные изменения населения.

Популяции многих видов обладают свойствами, позволяющими им регулировать свою численность. Поддержание оптимальной в данных условиях численности называют *гомеостазом популяции*. Гомеостатические возможности популяций по разному выражены у различных видов. Осуществляются они также через взаимоотношения особей.

Таким образом, популяции, как групповые объединения, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельно взятой особи.

Основные характеристики популяции:

1) *численность* – общее количество особей на выделяемой территории;

2) *плотность популяции* – среднее число особей на единицу площади или объема, занимаемого популяцией пространства; плотность популяции можно выражать также через массу членов популяции в единице 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 положительным, так и отрицательным;

6) *темпы роста* – средний прирост за единицу времени.

Популяции свойственна определенная организация. Распределение особей по территории, соотношения групп по полу, возрасту, морфологическим, физиологическим, поведенческим и генетическим особенностям отражают структуру популяции. Она формируется, с одной стороны, на основе общих биологических свойств вида, а с другой – под влиянием абиотических факторов среды и популяций других видов. Структура популяций имеет, следовательно, приспособительный характер. Разные популяции одного вида обладают как сходными особенностями структуры, так и отличительными, характеризующими специфику экологических условий в местах их обитания.

Таким образом, кроме адаптивных возможностей отдельных особей, население вида на определенной территории характеризуется еще и приспособительными чертами групповой организации, которые являются свойствами популяции как надиндивидуальной системы. Адаптивные возможности вида в целом как системы популяций значительно шире приспособительных особенностей каждой конкретной особи.

Популяционная структура вида. Степень обособленности и классификация популяции

Каждый вид, занимая определенную территорию (ареал), представлен на ней системой популяций. Чем сложнее расчленена территория, занимаемая видом, тем больше возможностей для обособления отдельных популяций. Однако в не меньшей степени популяционную структуру вида определяют его биологические особенности, такие, как подвижность составляющих его особей, степень их привязанности к территории, способность преодолевать естественные преграды.

Степень обособленности популяции

Если члены вида постоянно перемещаются и перемешиваются на обширных пространствах, такой вид характеризуется небольшим числом крупных популяций. Большими миграционными способностями отличаются, например, северные олени и песцы. Результаты мечения показывают, что песцы перемещаются за сезон на сотни, а иногда более чем на тысячу километров от мест размножения. Северные олени совершают регулярные сезонные кочевки также в масштабах сотен километров. Границы между популяциями таких видов проходят обычно по крупным географическим преградам: широким рекам, проливам, горным хребтам и т.п. В некоторых случаях подвижный вид при относительно небольшом ареале может быть представлен одной единственной популяцией, например кавказский тур, стада которого постоянно кочуют по двум основным хребтам этого горного массива.

При слабо развитых способностях к перемещению в составе вида формируется множество мелких популяций, отражающих мозаичность ландшафта. У растений и малоподвижных животных число популяций находится в прямой зависимости от степени разнородности среды. Например, в горных районах территориальная дифференцировка таких видов всегда более сложна, чем на ровных открытых пространствах. Примером вида, у которого множественность популяций определяется не столько дифференцировкой среды, сколько особенностями поведения, является бурый медведь. Медведи отличаются большой привязанностью к местам своего обитания, поэтому в пределах обширного ареала представлены множеством относительно мелких группировок, отличающихся друг от друга по ряду свойств.

Степень обособленности соседних популяций вида очень различна. В некоторых случаях они резко разделены территорией, непригодной для обитания, и четко локализованы в пространстве, например, популяции окуня и линя в изолированных друг от друга озерах или популяции пластинчатозубой крысы, белоусой славки, индийской камышевки и других видов в оазисах и долинах рек среди пустынь.

Противоположный вариант – сплошное заселение видом обширных территорий. Такой характер распространения свойствен, например, малым сусликам в сухих степях и полупустынях. В этих ландшафтах плотность их населения повсеместно высока.

Отдельные непригодные для жизни участки легко преодолеваются при расселении молодняка, а в благоприятные годы на них возникают временные поселения. Здесь вычленить границы между популяциями можно лишь условно, между областями с разной плотностью населения.

Другой пример сплошного распространения вида – семиточечная божья коровка. Эти жуки встречаются в самых различных биотопах и разных природных зонах. Данный вид характеризуется, кроме того, предзимними миграциями, границы которых между популяциями в таких случаях почти не выражены. Однако, поскольку совместно обитающие особи контактируют между собой чаще, чем с представителями других частей ареала, население удаленных друг от друга мест можно считать разными популяциями.

В пределах одного и того же вида могут быть популяции как с хорошо различимыми, так и со смазанными границами. У известного вредителя зерновых культур на юге нашей страны – клопа черепашки (Eurygaster integriceps) – через 2,5-3 месяца после выхода из яиц и активного питания на полях начинается отлет в леса предгорий, за десятки, а порой и сотни километров, где клопы залегают до следующей весны под слой древесного опада. Дальность перелетов зависит от степени упитанности особей, в результате которых на одних и тех же зимовках смешиваются клопы из разных мест. Направление весеннего разлета сильно зависит от направления ветра, и клопы не обязательно возвращаются в свои места. Кроме того, часть черепашек не улетает далеко, а зимует в ближайших лесополосах. Таким образом, на обширных территориях происходит постоянное перемещение и перемешивание особей, которое не позволяет строго разграничивать отдельные популяции. Между тем в определенных частях ареала, как горных, так и равнинных, черепашка ведет относительно оседлый образ жизни, совершая лишь короткие перелеты к ближайшим местам зимовок. В таких районах возникают обособленные популяции, представляющие собой отдельные локальные очаги размножения вредителя. Таким образом, в пределах вида популяции могут быть представлены группами разного объема.

Контрольные вопросы

1. Раскрыть понятие популяции, её члены.
2. Гомеостатические возможности популяций

3. Основные характеристики популяции.
4. Раскрыть популяционную структуру вида.
5. Степень обособленности популяции.

ЗАНЯТИЕ №3
Биологическая структура популяции

Цель занятия: изучить структуру популяции растений, животных и особенности их территориального поведения.

Задание 1. Половая структура популяции.
Задание 2. Возрастная структура популяции растений.
Задание 3. Возрастная структура популяции животных.
Задание 4. Пространственная структура популяций растений и животных. Территориальное поведение животных.

Половая структура популяции

Основные показатели структуры популяций – *численность*, *распределение организмов в пространстве* и *соотношение особей*.

Индивидуальные черты каждого организма зависят от особенностей его наследственной программы (генотипа) и от того, как эта программа реализована в ходе онтогенеза. Каждая особь имеет определенные размеры, пол, отличительные черты морфологии, особенности поведения, свои пределы выносливости и приспособляемости к изменениям среды. Распределение этих признаков в популяции также характеризует ее структуру.

Под ***структурой популяции*** понимаются любые подразделения популяции как единого целого, не связанного в определенном порядке частей. Различают: половую, возрастную, пространственную, генетическую и этологическую структуры.

Структура популяции не стабильна. Рост и развитие организмов, рождение новых, гибель от различных причин, изменение окружающих условий, увеличение или уменьшение численности врагов – все это приводит к изменению различных соотношений внутри популяции. От того, какова структура популяции в данный период времени, во многом зависит направление ее дальнейших изменений.

Половая структура популяции

Соотношение особей по полу и особенно доля размножающихся самок в популяции имеют большое значение для дальнейшего роста ее численности. У большинства видов пол будущей особи определяется в момент оплодотворения в результате перекомбинации половых хромосом. Такой механизм обеспечивает равное соотношение зигот по признаку пола, но из этого не следует, что такое же соотношение характерно для популяции в целом. Сцепленные с полом признаки часто определяют значительные различия в физиологии, экологии и поведении самцов и самок. Следствием этого является более высокая вероятность гибели представителей какого-либо пола и изменение соотношения полов в популяции.

Половая структура – это соотношение мужских и женских особей в разных возрастных группах.

Половая структура по генетическим законам должна быть представлена равным соотношением мужских и женских особей, т.е. соотношение равно 1:1. Но в силу специфики физиологии и экологии, свойственной разным полам, в силу их разной жизнеспособности, влияния факторов внешней среды, социальных и антропогенных факторов в этом соотношении могут быть значительные различия. Данные различия неодинаковы как в разных популяциях, так и в разных возрастных группах одной и той же популяции.

Половая структура определяется *первичным* соотношением полов (при возникновении зигот), *вторичным* соотношением полов (у новорождённых независимо от способа рождения) и *третичным* соотношением полов (к моменту наступления половой зрелости).

Между особями мужского и женского пола могут быть сильно выражены экологические и поведенческие различия. Например, самцы комаров семейства Culicidae, в отличие от кровососущих самок, в имагинальный период либо не питаются совсем, либо ограничиваются слизыванием росы, либо потребляют нектар растений. Но даже если образ жизни самцов и самок сходен, они различаются по многим физиологическим признакам: темпам роста, срокам полового созревания, устойчивостью к изменениям температуры, голоданию и т.п.

Различия в смертности проявляются еще в эмбриональный период. Например, у ондатр во многих районах среди новорожденных в полтора раза больше самок, чем самцов. В популяциях пингвинов Megadyptes antipodes при выходе птенцов из яиц подобной разницы не отмечается, но к десятилетнему возрасту на каждых двух самцов остается лишь одна самка. У некоторых летучих мышей доля самок в популяции после зимней спячки снижается порой до 20%. Многие другие виды отличаются, наоборот, более высокой смертностью самцов (фазаны, утки-кряквы, большие синицы, многие грызуны).

Таким образом, соотношение полов в популяции устанавливается не только по генетическим законам, но и в известной мере под влиянием среды.

У рыжих лесных муравьев (Formica rufa) из яиц, отложенных при температуре ниже +20°С, развиваются самцы, при более высокой – почти исключительно самки. Механизм этого явления заключается в том, что мускулатура семяприемника, где хранится после копуляции сперма, активизируется лишь при высоких температурах, обеспечивая оплодотворение откладываемых яиц. Из неоплодотворенных же яиц у перепончатокрылых развиваются лишь самцы.

Особенно наглядно влияние условий среды на половую структуру популяций у видов с чередованием половых и партеногенетических поколений. Дафнии Daphnia magna при оптимальной температуре размножаются партеногенетически, но при повышенной или пониженной температуре в популяциях появляются самцы. На появление обоеполого поколения у тлей могут влиять изменения длины светового дня, температуры, увеличение плотности населения и другие факторы.

Среди цветковых растений встречается немало двудомных видов, у которых существуют мужские и женские особи: виды ив, тополей, дрема белая, щавель малый, пролесник многолетний, бодяк полевой и др. Существуют также виды с женской двудомностью, когда одни особи имеют обоеполые цветки, а другие – женские, т.е. с неразвитым андроцеем. Обычно андростерильные цветки мельче, чем обоеполые. Такое явление встречается в семействах губоцветных, гвоздичных, ворсянковых, колокольчиковых и др. Примерами видов с женской двудомностью являются чабрец Маршалла, душица обыкновенная, мята полевая, будра

плющевидная, смолевка поникшая, герань лесная и др. Популяции таких видов генетически неоднородны. В них облегчено перекрестное опыление, чаще наблюдается протероандрия – более раннее созревание пыльников по сравнению с пестиками. В пределах ареала видов половая структура популяций растений более или менее постоянна, однако изменение внешних условий меняет соотношение полов. Так, в засушливый 1975 г. в Зауралье резко уменьшилось число женских форм, например у шалфея степного в 10 раз, у спаржи лекарственной в 3 раза.

У некоторых видов пол изначально определяется не генетическими, а экологическими факторами. Так, у растений Arisaema japonica пол зависит от накопления запасов питательных веществ в клубнях. Из крупных клубней вырастают экземпляры с женскими цветками, из мелких – с мужскими.

Возрастная структура популяции растений

С возрастом требования особи к среде и устойчивость к отдельным ее факторам закономерно и весьма существенно изменяются. На разных стадиях онтогенеза могут происходить смена сред обитания, изменение типа питания, характера передвижения, общей активности организмов. Нередко возрастные экологические различия в пределах вида выражены в значительно большей степени, чем различия между видами. Травяные лягушки на суше и их головастики в водоемах, гусеницы, грызущие листья, и крылатые бабочки, сосущие нектар, сидячие морские лилии и их планктонные личинки долиолярии – всего лишь разные онтогенетические стадии одних и тех же видов. Возрастные различия в образе жизни часто приводят к тому, что отдельные функции целиком выполняются на определенной стадии развития. Например, многие виды насекомых с полным превращением не питаются в имагинальном состоянии. Рост и питание осуществляются на личиночных стадиях, тогда как взрослые особи выполняют только функции расселения и размножения.

Возрастные различия в популяции существенно усиливают ее экологическую неоднородность и, следовательно, сопротивляемость среде. Повышается вероятность того, что при сильных отклонениях условий от нормы в популяции сохранится хотя бы часть жизнеспособных особей и она сможет продолжить свое существование.

Одна из наиболее известных *возрастных классификаций животных* (по возрасту), предложенная Г. А. Новиковым, включает в себя следующие возрастные группы:

- новорожденные – до момента созревания;
- молодые – подрастающие особи, «подростки»;
- полувозрастные – близкие к половозрелым особям;
- взрослые – половозрелые животные;
- старые – особи, переставшие размножаться.

В свою очередь, возрастная структура популяции отражает следующие показатели:

1) интенсивность воспроизведения;
2) уровень смертности;
3) скорость смены поколений.

Возрастная структура может быть выражена:

1) соотношением групп особей разного возраста (возрастные пирамиды);
2) соотношением разных поколений, приплодов и возрастных групп;
3) соотношением длительности перепродуктивного, репродуктивного и пострепродуктивного периодов;
4) характером роста особей.

Возрастная структура популяций имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает также силу воздействия факторов окружающей среды.

У растений возрастная структура представлена ценопопуляцией, т.е. популяцией конкретного фитоценоза, определяющаяся соотношением возрастных групп.

Ценопопуляция в фитоценологии – это обозначение растительной популяции, подчеркивающее ее связь с определенным *фитоценозом*. Термин был предложен В. В. Петровским (1961).

Ценопопуляция (фитоценоз) – это растительное сообщество, характеризующееся относительной однородностью видового состава, определяемого преимущественно условиями местообитания, и относительной обособленностью от других сообществ, состоящее из *ценопопуляций*, связанных отношениями дифференциации экологических ниш и интерференцией, находящейся в условиях относительно однородных условий местообитания и способное к самостоятельному существованию. Такая ценопопуляция,

в которой представлены все перечисленные стадии развития, называется *нормальной полночленной.*

Возрастное или онтогенетические состояние особи – это этап ее онтогенеза, на котором она характеризуется определенными отношениями со средой. Полный онтогенез, или большой жизненный цикл растений, включает все этапы развития особи – от возникновения зародыша до ее смерти или до полного отмирания всех поколений ее вегетативно возникшего потомства.

В геоботанике получила признание классификация растений по возрасту, предложенная Н. М. Черновой и А. М. Быловой:

1) Покоящиеся семена.

2) Проростки (всходы) растения первого года жизни, многие из них живут за счет питательных веществ в семядолях. Имеют смешанное питание за счет запасных веществ семени и собственной ассимиляции. Это маленькие растения, для которых характерно наличие зародышевых структур: семядолей, начавшего расти зародышевого корня и, как правило, одноосного побега с небольшими листьями, имеющими часто более простую форму, чем у взрослых растений.

3) Ювенильные переходят к самостоятельному питанию, но размерами и морфологически еще отличаются от взрослых растений. У них отсутствуют семядоли, но организация еще проста, часто сохраняется одноосность, и листья иной формы и меньшего размера, чем у взрослых.

4) Имматурные обладают переходными признаками от ювенильных к взрослым растениям, еще очень малы, у них идет смена типа нарастания, начинается ветвление побегов, т.е. растения имеют признаки и свойства, переходные от ювенильных растений к взрослым вегетативным.

У них часто начинается ветвление побега, что приводит к увеличению фотосинтетического аппарата.

У *взрослых вегетативных* растений появляются черты типичной для вида жизненной формы в структуре подземных и наземных органов, и строение вегетативного тела принципиально соответствует генеративному состоянию, но репродуктивные органы пока отсутствуют.

5) Виргинильные – «взрослые подростки», могут достигать размеров взрослых особей, но регенеративные органы отсутствуют.

6) Молодые генеративные растения зацветают, образуют плоды, происходит окончательное формообразование взрослых структур. В отдельные годы могут быть перерывы в цветении.

7) Средневозрастные генеративные растения обычно достигают наибольшей мощности, имеют наибольший ежегодный прирост и семенную продукцию, также могут иметь перерыв в цветении. Отличаются максимальным годичным приростом и максимальной репродуктивностью.

8) Старые генеративные растения характеризуются резким снижением репродуктивной функции, ослаблением процессов побего- и корнеобразования. Процессы отмирания начинают преобладать над процессами новообразования, усиливается дезинтеграция (распад, расчленение целого на составные части).

9) Старые вегетативные (субсенилъные) растения характеризуются прекращением плодоношения, снижением мощности, усилением деструктивных процессов, ослаблением связи между побеговыми и корневыми системами, возможно упрощение жизненной формы, появление листьев имматурного типа.

10) Субсенильные – плодоносят очень слабо, идет отмирание вегетативных органов, новообразование побегов идет за счет спящих почек;

11) Сенильные растения характеризуются крайней дряхлостью, уменьшением размеров, при возобновлении реализуются немногие почки, вторично появляются некоторые ювенильные черты (форма листьев, характер побегов и т. д.).

12) Отмирающие особи – крайняя степень выражения сенильного состояния, когда у растения остаются живыми лишь некоторые ткани и в отдельных случаях – покоящиеся почки, которые не могут развить надземные побеги.

У некоторых деревьев (дуба черешчатого, бука лесного, клена полевого и др.) описано *квазисенильное* возрастное состояние (термин предложен Т. А. Работновым). Это угнетенные, низкорослые растения, описанные как *торчки*. Они приобретают со временем черты старого вегетативного растения, так и не пройдя генеративную фазу.

Для определения численности каждой возрастной группы у разных видов используют различные ***счетные единицы***. Счетной единицей могут быть отдельные особи, если в течение всего онтогенеза они остаются пространственно обособленными

(у однолетников, стержнекорневых моно- и поликарпических трав, многих деревьев и кустарников) или являются четко разграниченными частями клона. У длиннокорневищных и корнеотпрысковых растений счетной единицей могут быть парциальные побеги или парциальные кусты, так как при физической целостности подземной сферы они оказываются нередко физиологически разобщенными, что установлено, например, для ландыша майского при использовании радиоактивных изотопов фосфора. У плотнодерновинных злаков (щучка, типчак, ковыли, змеевка и др.) счетной единицей наряду с молодыми особями может быть компактный клон, который в отношениях со средой выступает как единое целое.

Число семян в почвенном запасе, хотя этот показатель и очень важен, при построении возрастного спектра ценопопуляции обычно не учитывается, так как подсчет их очень трудоемок и получить статистически надежные величины практически невозможно.

Если в возрастном спектре ценопопуляции в момент ее наблюдения представлены только семена или молодые особи, ее называют ***инвазионной.*** Такая ценопопуляция не способна к самоподдержанию, и существование ее зависит от поступления зачатков извне. Часто это молодая ценопопуляция, только что внедрившаяся в биоценоз.

Если ценопопуляция представлена всеми или почти всеми возрастными группами (некоторые возрастные состояния у конкретных видов могут быть не выражены, например, имматурное, субсенильное, ювенильное), то она называется ***нормальной.*** Такая популяция независима и способна к самоподдержанию семенным или вегетативным путем. В ней могут преобладать те или иные возрастные группы. В связи с этим различают *молодые, средневозрастные и старые нормальные ценопопуляции.*

Нормальная ценопопуляция, состоящая из особей всех возрастных групп, называется ***полночленной,*** а если особи каких-либо возрастных состояний отсутствуют (в неблагоприятные годы временно могут выпадать отдельные возрастные группы), то популяция называется ***нормальной неполночленной.***

Регрессивная ценопопуляция представлена только сенильными и субсенильными или также генеративными, но старыми, не образующими всхожих семян. Такая ценопопуляция не способна к самоподдержанию и зависит от заноса зачатков извне.

Инвазионная ценопопуляция может перейти в нормальную, а нормальная – в регрессивную.

Возрастная структура ценопопуляции во многом определяется биологическими особенностями вида:

1) периодичностью плодоношения;

2) числом продуцируемых семян и вегетативных зачатков;

3) способностью вегетативных зачатков к омоложению;

4) скоростью перехода особей из одного возрастного состояния в другое;

5) способностью образовывать клоны и др.

Разные размеры растений отражают различную *жизненность* особей в пределах каждой возрастной группы. Жизненность особи проявляется в мощности ее вегетативных и генеративных органов, что соответствует количеству накопленной энергии, и в устойчивости к неблагоприятным воздействиям, что определяется способностью к регенерации. Жизненность каждой особи меняется в онтогенезе по одновершинной кривой, возрастая на восходящей ветви онтогенеза и уменьшаясь на нисходящей. У многих видов особи одного возрастного состояния в одной ценопопуляции могут иметь разную жизненность. Эта дифференциация особей по жизненности может вызываться разнокачественностью семян, разными сроками их прорастания, микроусловиями среды, воздействием животных и человека, конкурентными отношениями. Высокая жизненность может сохраняться до смерти особи во всех возрастных состояниях или снизиться в ходе онтогенеза. Растения высокого уровня жизненности нередко проходят все возрастные состояния ускоренными темпами. В ценопопуляциях часто преобладают растения среднего уровня жизненности. Одни из них проходят онтогенез полностью, а другие пропускают часть возрастных состояний, переходя перед отмиранием на более низкий уровень жизненности. Растения низшего уровня жизненности имеют сокращенный онтогенез и часто переходят в сенильное состояние, едва приступив к цветению.

Особи одной ценопопуляции могут развиваться и переходить из одного возрастного состояния в другое с разной скоростью. По сравнению с нормальным развитием, когда возрастные состояния сменяют друг друга в обычной последовательности, может наблюдаться ускорение или задержка в развитии, выпадение отдельных возрастных состояний или целых периодов, наступление

вторичного покоя, часть особей может омолаживаться или отмирать. Многие луговые, лесные, степные виды при выращивании их в питомниках или посевах, т.е. на лучшем агротехническом фоне, сокращают свой онтогенез, например овсяница луговая и ежа сборная – с 20-25 до 4 лет, горицвет весенний – со 100 до 10-15 лет, жабрица порезниковая – с 10-18 до 2 лет. У других растений при улучшении условий онтогенез может удлиняться, как, например, у тмина обыкновенного.

Возрастная структура популяций животных

В зависимости от особенностей размножения члены популяции могут принадлежать к одной генерации или к разным. В первом случае все особи близки по возрасту и примерно одновременно проходят очередные этапы жизненного цикла. Примером может служить размножение многих видов нестадных саранчовых. Весной из яиц, перезимовавших в кубышках, отложенных в землю, появляются личинки первого возраста. Развитие личинок несколько растягивается под влиянием микроклиматических и иных условий, но в целом протекает довольно дружно. В это время популяция состоит только из молодых насекомых. Через 2-3 недели в связи с неравномерностью развития отдельных особей в ней могут одновременно встречаться личинки смежных возрастов, но постепенно вся популяция переходит в имагинальное состояние и к концу лета состоит только из взрослых половозрелых форм. К зиме, отложив яйца, они погибают.

Виды с одновременным существованием различных генераций можно разделить на две группы: размножающиеся один раз в жизни и размножающиеся многократно.

У майских жуков, например, самки вскоре после откладки яиц весной погибают. Личинки развиваются в почве и окукливаются на четвертый год жизни. Одновременно в популяции присутствуют представители четырех генераций, каждая из которых появляется через год после предыдущей. Ежегодно завершает свой жизненный цикл одна генерация и появляется новая. Возрастные группы в такой популяции разделяются четким интервалом. Соотношение их по численности зависит от того, насколько благоприятными оказались условия при появлении и развитии очередного поколения. Например, генерация может оказаться малочисленной,

если поздние заморозки погубят часть яиц или холодная дождливая погода помешает лету и копуляции жуков.

Пространственная структура популяций растений и животных. Территориальное поведение животных

Пространственная структура – это характер распределения в популяционном ареале отдельных особей и их группировок. Различают три основных типа распределения особей в популяциях:

1) равномерное (более регулярное, или чрезмерное рассеяние);

2) случайное;

3) групповое (скученное, нерегулярное и неслучайное).

Изредка в природе встречается почти равномерное распространение особей на занимаемой территории. В идеале распределение характеризуется равным удалением каждой особи от всех соседних, при этом величина расстояния между особями соответствует порогу, за которым начинается взаимное угнетение. Равномерное распределение возможно лишь в относительно однородной среде, как, например, в чистых зарослях некоторых растений. У насекомых, к примеру, оно может быть вызвано резко конкурентными отношениями между особями, их взаимным «отталкиванием», и проявляется у видов, которые жестко привязаны к определенному биоценозу и возможности их размножения ограничены.

Активно оберегающие свою территорию хищные насекомые (стрекозы, ктыри) могут размещаться ***равномерно***. У большинства наземных птиц, у многих рыб и членистоногих, а также у некоторых пресмыкающихся и млекопитающих имеются индивидуальные территории, в пределах которых они охотятся и выращивают свое потомство и которые они защищают от постороннего вторжения.

В популяциях растений равномерное распределение отдельных экземпляров обусловлено взаимным затенением и конкуренцией между корнями. Такой тип размещения проявляется также при очень большой плотности населения, когда отсутствует или резко подавлена возможность отдельных особей эмигрировать (в чистой лабораторной культуре).

Случайное размещение возникает в том случае, если среда более или менее равномерна и особи не испытывают ни притяжения друг к другу, ни отталкивания.

Однако в силу неоднородности занимаемого пространства, а также особенностей биологии видов, чаще всего члены популяции распределяются в пространстве неравномерно. Растения обычно распределены именно таким образом, они образуют при этом более или менее изолированные группы, скопления, которые называются ***субпопуляциями***. Они имеют отличия в числе особей, плотности, возрастной структуре, протяженности. Например, сахарный клен широко распространен по всей восточной части США и Канады. Кленовые деревья особенно многочисленны на слегка кислых почвах; вместе с тем в некоторых лиственных лесах, находящихся в пределах ареала этого клена, его нет совсем. Группированность в ценопопуляциях растений может быть связана с эндогенными факторами (характер распространения семян, особенности роста побегов, возрастное развитие локусов), а также определяется внешними воздействиями (обычно неоднородностью среды).

Насекомые скапливаются на участках, где для них благоприятен микроклимат, имеются их кормовые растения или жертвы. Кроме того, насекомые привлекают друг друга благодаря наличию так называемых агрегационных гормонов. Степень агрегации насекомых так же, как и высших животных, может зависеть от погоды, сезона и времени суток. Животные в малоактивном состоянии (пойкилотермные в холодное время суток или года) чаще образуют скопления в благоприятных для переживания местах. Саламандры в лесу скапливаются под поваленными деревьями, где условия влажности соответствуют их потребностям.

Особый тип агрегации (скопления, объединения) был назван «***образованием безопасных поселений***». В этом случае обширные, социально организованные группы животных обосновываются в благоприятном центрально расположенном участке, откуда они регулярно расходятся для удовлетворения потребностей в пищевой или других видах энергии и куда возвращаются. Некоторые из наиболее успешно адаптирующихся животных на земле, в том числе скворцы и человек, используют эту стратегию. Необходимо указать, что между этими вариантами существуют множество переходов. В то же время тип распространения в занимаемом пространстве в каждом конкретном случае оказывается приспособленным, поскольку позволяет оптимально использовать имеющиеся ресурсы.

Таким образом, образование групп особей разных размеров обусловливается следующими причинами:

1) вследствие локальных различий в местообитаниях;

2) под влиянием суточных и сезонных изменений погодных условий;

3) в связи с процессами размножения;

4) в результате социального привлечения (у высших животных).

Агрегация может усиливать конкуренцию между особями за компоненты минерального питания, пищу или пространство, но это часто более чем уравновешивается повышением жизнеспособности группы, поскольку группа обладает большими возможностями для своей защиты, обнаружения ресурсов или изменения микроклимата, или микроместообитания. Степень агрегации так же, как общая плотность, при которой наблюдаются оптимальный рост и выживание популяции, варьирует у разных видов и в разных условиях; поэтому как «недонаселенность» (или отсутствие агрегации), так и перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние (*принцип Олли*).

В любой популяции всегда существует определенный спектр индивидуальных перемещений особей: от остающихся практически на месте рождения всю жизнь, до перемещающихся на значительные расстояния от места рождения. Величина индивидуальных перемещений особи на протяжении жизни, указывающая на расстояние, на которое могут быть переданы аллели за одно поколение, называется *радиусом индивидуальной активности* (Тимофеев-Ресовский).

В 1985 г. В. Грант ввел понятие «*среднее расстояние распространения*» для обозначения среднего расстояния, на которое могут быть переданы гаметы за поколение. Кроме того, было введено более точное понятие – «*радиус репродуктивной активности*» – расстояние между местом рождения и местом размножения для 95% особей данного поколения. Однако данных такого рода довольно мало. В большинстве случаев вычисление радиусов репродуктивной активности невозможно определить от места рождения до места первого размножения, но при существовании такой возможности этот показатель оказывается хорошим маркером величины ареала популяции.

Практически у всех позвоночных известны мельчайшие репродуктивные группировки, простые или сложные, постоянные и временные. Они обычно состоят из брачующихся пар, либо из пары взрослых особей с детенышами, либо из устойчивых семейных ячеек с молодняком. Примеры – прайды у львов, гаремы у тюленей, стаи у волков, поды у дельфинов-касаток, паки у гиеновых собак, стада копытных. В зоологической литературе все эти группировки называются «демами». У растений мелкие, однородные пространственные группировки, аналогичные демам называются ценопопуляциями. Иногда у растений выделение внутрипопуляционных структур становится более обоснованным, например, в случаях присутствия в популяциях как вегетативно размножающихся на протяжении значительного числа поколений особей (образующих клоны), так и особей, размножающихся половым путем.

По типу использования пространства все позвоночные животные подразделяются на *оседлых* и *кочевых*. Оседлые отличаются инстинктами привязанности к своему участку, стремлением вернуться на хорошо знакомую территорию («хоминг» – чувство дома).

Оседлому образу жизни присущи существенные биологические преимущества. В частности на знакомой территории облегчается свободная ориентация, животное тратит меньше времени на поиск корма, быстрее находит укрытие от врага, а также может при необходимости создавать запасы пищи. Длительное обитание на одном участке у многих видов животных сопровождается определенными формами «благоустройства» территории: строительство разного рода убежищ, формирование запасов корма, устройство системы переходов и т.п. Все это повышает эффективность жизнедеятельности при одновременном уменьшении энергозатрат и времени на отдельные ее формы, а также способствует снижению пресса хищников.

Для оседлых животных все варианты общей пространственной структуры популяций обычно сводятся к четырем основным типам: *диффузному, мозаичному*, *пульсирующему* и *циклическому*.

В популяциях ***диффузного типа*** животные распределены в пространстве дисперсно, не образуя обособленных поселений. Это возможно лишь при относительно равномерном размещении по территории кормов, мест, пригодных для размножения, и укрытий. Диффузный тип пространственной структуры популяций

преобладает, например, у мелких млекопитающих сухих открытых пространств – большой песчанки и мохноногого тушканчика в монотонных песчаных ландшафтах, малого суслика в различных растительных ассоциациях сухих степей и полупустынь.

Мозаичный тип размещения оседлых животных возникает в том случае, если пригодные для заселения биотопы распределены в пространстве резко неравномерно. Например, поселения малого суслика в волго-уральской полупустыне приурочены только к пятнам степной растительности, встречающимся среди сплошных песков. Обыкновенный хомяк в полупустыне обитает только в тростниковом поясе озер и на склонах озерных котловин.

Для популяций, характеризующихся резкими колебаниями численности, характерен ***пульсирующий*** тип пространственной структуры. В годы депрессии популяция состоит из обособленных поселений, а в годы подъема численности занимает всю пригодную территорию, меняя мозаичный тип распределения на диффузный. В период резкого падения численности животные собираются на наиболее благоприятных участках, которые получили название «стадий переживания».

Циклический или ***переложный тип*** пространственной структуры популяций оседлых животных характеризуется закономерным попеременным использованием территории в течение года. Например, лемминги (полевые мыши) отличаются высокой динамичностью пространственного распределения, отсутствием постоянных поселений, сменой мест зимнего и летнего обитания. Такой переложный характер использования территории в условиях тундр имеет большое приспособительное значение. Восстановление нарушенной растительности в тундрах происходит чрезвычайно медленно, длительное существование на одном месте за счет растительных кормов практически невозможно и грозило бы не только голодом зверькам, но и необратимыми изменениями растительного покрова. При переложном типе использования пространства сохраняется баланс между потреблением кормов и их ежегодным возобновлением, а тем самым и возможность существования дальнейших поколений.

Кочевники – регулярно меняющие места обитания группы особей с целью приобретения источников пищи и условий для своего существования.

Кочевой образ жизни имеет ряд преимуществ: он характерен для обитателей засушливых и полузасушливых областей. Особи, ведущие данный образ жизни, вынуждены совершать дальние переходы от одного кормового участка к другому в тех случаях, когда такие кочевки приобретают регулярный характер.

Прежде всего, кочевые животные не зависят от запасов корма на конкретной территории. Однако постоянные передвижения одиночных особей способствуют учащению гибели от хищников. Поэтому кочевой образ жизни свойственен стадам и стаям. При этом территории перемещения многих видов могут быть весьма большими.

Различают два типа активности территориального поведения животных. Первый тип направлен на обеспечение собственного существования (поиск пищи, устройство убежищ и т.п.), второй – на установление отношений с соседями (мечение и охрана своих участков). При этом применяются разные способы для закрепления участка: от прямой агрессии к чужаку до ритуального поведения, демонстрирующего угрозу. На нейтральной территории агрессивный инстинкт угасает. Частичное перекрывание индивидуальных «владений» служит способом поддержания контактов между членами популяции. Например, у амурского и бенгальского тигров система индивидуальных участков называется интрасексуальной территориальностью с перекрыванием участка самца с участками одной или нескольких самок.

Территориальное поведение животных ярко выражено в период размножения. По его окончании у многих видов распространение по индивидуальным участкам сменяется групповым образом жизни с иным типом поведения. Например, после вылета птенцов большинство воробьиных объединяется в стаи, которые совершают кочевки.

Контрольные вопросы

1. Расшифровать понятие «структура популяции».
2. Охарактеризовать половую структуру популяции растений.
3. Возрастная классификация животных по Г. А. Новикову.
4. Раскрыть понятие «ценопопуляция».
5. Охарактеризовать половую структуру популяции животных.
6. Особенности пространственной структуры популяций растений и животных.

7. Раскрыть закономерности территориального поведения животных.

ЗАНЯТИЕ №4
Динамика популяции

Цель занятия: изучить динамические показатели популяции.

Задание 1. Биотический потенциал и численность популяции. Ёмкость и сопротивление среды.

Задание 2. Рождаемость (плодовитость) и смертность.

Задание 3. Стратегии выживания популяций.

Задание 4. Особенности расселения популяций.

Задание 5. Темпы роста популяции.

Задание 6. Гомеостаз популяции.

Биотический потенциал и численность популяции. Ёмкость и сопротивление среды

Динамика популяции – это процесс изменений её основных биологических показателей во времени. При этом особое значение в изучении динамики популяций придается изменениям численности особей, биомассы и популяционной структуры. Подобные изменения могут быть связаны с процессами, спонтанно протекающими внутри самой популяции и могут быть вызваны воздействием абиотических факторов или же взаимодействиями между популяциями разных видов в пределах биоценоза.

Любая популяция способна к неограниченному росту численности, если ее не лимитируют (ограничивают) факторы внешней среды. В этом случае скорость роста популяции будет определяться величиной *биотического* (или *репродуктивного*) *потенциала*. Понятие биотического потенциала было введено в экологию Р. Чепменом в 1928 г. Он определил его как «врожденное свойство организма к размножению и выживанию, т.е. к увеличению численности. Это своего рода алгебраическая сумма числа молодых особей, производимых за каждый цикл размножения, числа циклов размножения за данный период времени, соотношения полов и общей способности организма выживать при данных условиях».

Биотический потенциал (репродуктивный потенциал) – важнейший условный показатель, отражающий способность популяции к размножению, выживанию и развитию при оптимальных экологических условиях, т. е. к увеличению численности при отсутствии лимитирующих факторов. Величина биотического потенциала чрезвычайно различна у разных видов. Например, самка косули способна произвести за жизнь 10-15 козлят, самка медоносной пчелы – 50 тыс. яиц, а луна-рыба – до 3 млрд. икринок. Если бы все зародыши сохранялись, а все потомство выживало, то численность любой популяции через определенные интервалы увеличивалась бы в геометрической прогрессии.

В природе биотический потенциал популяции никогда не реализуется полностью. Его величина обычно складывается как разность между рождаемостью и смертностью в популяциях:

$$r = b - d\,;$$

где b – число родившихся особей,

d – число погибших особей в популяции за один и тот же период времени.

Численность популяции

Численность популяции – важная экологическая характеристика популяции. Данный показатель определяет число особей, относящихся к одной популяции.

Общие изменения ***численности популяции*** складываются за счет четырех явлений: *рождаемости, смертности, вселения* (иммиграции) и *выселения* (эмиграции) особей.

Численность популяций регулируется равновесием между двумя противоположными тенденциями: внутренне присущим данной популяции потенциалом роста и ограничениями, накладываемыми средой на данный рост.

Ресурсы на любой территории имеют пределы, которые называются ёмкостью среды.

Емкость среды – это число особей или сообществ, потребности которых могут быть удовлетворены ресурсами данного местообитания. Например, еловый лес более ёмкая среда для белок, нежели смешанный, поскольку основная пища этих зверьков – семена шишек.

В принципе, любой организм способен увеличивать численность популяции за счет размножения. Однако в природе верхний

предел численности практически никогда не достигается по ряду причин. Первая из них кроется в *генетической структуре любого организма* – это внутреннее сопротивление. Оно выражается в том, что при благоприятных условиях выживают и дают потомство обычно генетически неполноценные особи. В результате этого уменьшается жизнеспособность популяции в целом и ограничивается ее рост. Возможно, что именно такие генетические изменения в структуре популяции играют одну из ведущих ролей в так называемых «волнах жизни».

Вторым ограничителем роста популяций выступает *внешняя среда*, включающая всю совокупность абиотических и биотических факторов (собственно *сопротивление среды*). Каждый из этих групп факторов действует непосредственно и опосредованно.

По Р. Риклефсу рост популяции ограничивается ресурсами двух типов. К *первому типу* относятся невозобновляющиеся ресурсы, например пространство или места гнездования, которые могут быть полностью использованы популяцией, что определяет верхний предел численности популяции. Ко *второму типу* относятся возобновляющиеся ресурсы (пища, вода и свет), которыми популяция снабжается непрерывно.

Потребности обширной популяции могут быть так велики, что количество возобновляющихся ресурсов понизится до очень низкого уровня, их станет трудно находить или ассимилировать и они не будут обеспечивать дальнейший рост популяции; однако эти ресурсы никогда не истощаются полностью. Возобновляющиеся ресурсы поддерживаются на некотором равновесном уровне благодаря сбалансированности между их эксплуатацией и продукцией.

Когда популяция достигает численности, соответствующей емкости среды, потребности ее в ресурсах становятся точно равны скорости их возобновления. Если численность популяции превышает ёмкость среды, то эксплуатация превышает продукцию, ресурсы истощаются, члены популяции голодают, и популяция начинает сокращаться. И наоборот, если скорость продукции ресурсов повышается, среда может обеспечить существование более многочисленной популяции. Высокой плотности популяции обычно достигают в самых продуктивных местообитаниях; примером служит зависимость между плотностью популяций птиц и первичной продуктивностью растений в ряде различных местообитаний.

Различия в биотическом потенциале видов зависят от их размеров, систематической принадлежности и других причин, но при прочих равных условиях связаны зависимостью со смертностью в популяциях. Эта закономерность, подмеченная еще Ч. Дарвином, была обоснована в трудах академика И. И. Шмальгаузена в 40-е годы прошлого столетия. Если вид подвергается в природе массовой *неизбирательной элиминации,* т. е. гибели от многочисленных врагов, избежать которых он бессилен, или подавляется другими экстремальными обстоятельствами, то единственным направлением отбора становится повышение уровня размножения. В этом случае увеличивается вероятность случайного сохранения потомства, и вид избегает вымирания. При неизбирательной элиминации различия между особями не имеют значения для их выживания, поскольку мощность воздействия губительных факторов слишком высока. При *избирательной элиминации,* когда смертность во многом определяется различиями между особями, отбор совершенствует разные формы морфофизиологических адаптаций, повышающих сопротивляемость вида влиянию неблагоприятных условий. Таким образом, высокий биотический потенциал – это эволюционный ответ вида на пресс неблагоприятных для него воздействий среды, вызывающих высокую смертность.

Рождаемость (плодовитость) и смертность

Рождаемость – это число новых особей, появляющихся в популяции за единицу времени в расчете на определенное число её членов.

Различают *абсолютную, удельную и максимальную рождаемость.*

Абсолютная рождаемость характеризуется общим числом родившихся особей. Например, если в популяции северных оленей, насчитывающей 16 тыс. особей за один год родилось 2 тыс. оленят, то это число и выражает абсолютную рождаемость.

Удельная рождаемость выражается в числе особей на отдельную особь в единицу времени. Её вычисляют как среднее изменение численности на отдельную особь за определенный интервал времени. В вышеприведённом примере она составит 0,125, т.е. один новорожденный на 8 членов популяции за год.

Максимальная рождаемость – это такой предел, который характерен для скорости увеличения числа особей в популяции (максимальное число родившихся особей на одну отдельную особь).

Величина рождаемости зависит от многих причин. Большое значение имеет доля особей, способных в данный период к размножению, что определяется соотношением полов и возрастных групп. Важна также частота последовательности генераций. Так, среди насекомых различают *моновольтинные* и *поливольтинные* виды. Первые дают одну, вторые – несколько генераций за год. Например, у тли за сезон насчитывается до 15 партеногенетических поколений.

По числу периодов размножения в течение жизни различают моноциклические и полициклические виды. *Моноцикличность,* или однократное размножение, свойственна, обычно видам с короткой продолжительностью жизни в половозрелом состоянии (лососевые рыбы, майские жуки и многие другие насекомые). *Полицикличность* характеризуется повторным размножением особей и присуща большинству позвоночных животных и ряду беспозвоночных, например ракообразным.

У растений выделяют *монокарпические* и *поликарпические* виды, т.е. с однократным и многократным размножением в течение жизни. Для величины рождаемости имеет значение также соотношение периода размножения и общей продолжительности жизни. Этот период для самок дрозофил составляет около 65%, для стадной саранчи – 15%, а для поденок – всего от 0,5 до 1% длительности их существования. Большую роль играет плодовитость особей. Однако уровень размножения популяции, как правило, не бывает прямо пропорциональна плодовитости.

Плодовитость сильно зависит от степени развития заботы о потомстве или обеспеченности яиц питательными материалами. Среди рыб наибольшее количество икринок выметывают виды с пелагической икрой – сельди, тресковые, камбаловые и др. Например, сахалинская сельдь продуцирует 38-46 тыс. мелких, в доли миллиметра, икринок. У лососевых, зарывающих икру в грунт, развивается меньшее число яиц, но более крупных размеров. Средняя плодовитость амурской горбуши 1300-1500 икринок диаметром 4-6 мм. Наиболее крупная икра у акул и химер, до 6-8 см. Яйца этих рыб имеют к тому же плотную защитную

оболочку. Количество их очень невелико – несколько штук на одну самку.

У видов, оберегающих и выкармливающих свой молодняк, плодовитость резко понижена. Размер кладки у птиц разных видов варьирует уже не в тысячи раз, как у рыб, а в пределах от одного яйца (у некоторых хищников, пингвинов, чистиков и др.) до 20-25 (максимальное количество яиц у куриных, например, у серой куропатки).

Д. Лэ установил на примере птиц, что у них отбор благоприятствует не *максимальной плодовитости,* а наиболее эффективной плодовитости, т.е. тому количеству яиц, при котором потомство оказывается наиболее жизнеспособным. На выкармливание птенцов птицы тратят огромное количество энергии. Мелкие птицы приносят пищу в гнездо сотни раз в сутки: горихвостка – более 200, большая синица – около 400, а крапивник – до 600 раз. Если величина кладки больше обычного предела, при этом птенцы оказываются недокормленными и их жизнеспособность снижена.

Большая плодовитость вырабатывается у видов также в условиях более высокой смертности, особенно при сильном давлении со стороны хищников. Отбор на плодовитость компенсирует высокую норму гибели в популяциях. Поэтому при высокой плодовитости рост численности популяции может быть весьма низким. В различных популяциях одного вида плодовитость обычно тем выше, чем более неблагоприятны занимаемые ими места обитания. Так, у многих млекопитающих – зайцев, мышей, полевок – число детенышей в помете на границах ареала больше, чем в его центре.

Характер плодовитости зависит и от скорости полового созревания, числа генераций в течение сезона, от состояния в популяции самок и самцов. Если вид размножается с большой скоростью и чутко реагирует на изменения условий среды, то численность популяций его быстро и существенно изменяется. Это относится к многим насекомым и мышевидным грызунам.

Смертность – это сокращение численности особей в популяции из-за их гибели или количество особей, погибших за определенный период.

Различают:

1) *абсолютную* (общую) смертность – это число особей, погибших в единицу времени;

2) *удельную* смертность, которая выражается отношением абсолютной смертности к численности популяции.

Абсолютная и удельная смертность характеризуют скорость убывания численности популяции вследствие гибели особей от хищников, болезней, старости и т. д.

Различают три типа смертности.

Первый тип смертности характеризуется одинаковой смертностью во всех возрастных группах. Выражается экспоненциальной кривой (убывающей геометрической прогрессией). Данный тип смертности встречается редко и только у популяций, которые постоянно находятся в оптимальных условиях.

Второй тип смертности характеризуется повышенной гибелью особей на ранних стадиях развития и свойствен большинству растений и животных. Максимальная гибель животных происходит в личиночной фазе или в молодом возрасте, у многих растений – в стадии произрастания семян и всходов. Например, у насекомых до взрослых особей доживает 0,3-0,5% отложенных яиц, у многих рыб – 1-2% количества выметанной икры.

Третий тип смертности отличается повышенной гибелью взрослых, в первую очередь старых, особей. Отличается он у насекомых, личинки которых обитают в почве, воде, древесине, а также в других местах с благоприятными условиями.

Смертность зависит от следующих причин:

1) генетически запрограммированной длительности жизни особей;

2) от их генетической и физиологической полноценности;

3) влияния неблагоприятных физических условий среды;

4) воздействия хищников, паразитов, болезней и т.п.

На разных стадиях жизненного цикла каждого поколения эти факторы действуют с разной силой. На практике, когда необходимо проанализировать ход смертности в популяциях, составляют таблицы выживания, где для каждой возрастной группы указываются эмпирически полученные данные, характеризующие гибель особей данного возраста. На основе таких таблиц составляют кривые выживания, позволяющие прогнозировать в сходных условиях состояние очередных генераций.

В экологии широкое распространение получило графическое построение кривых выживания (рис. 1).

Идеальный случай, если все особи одной генерации доживают до биологически предельного возраста, а затем в течение короткого срока отмирают. Кривая, описывающая такую зависимость численности поколений от времени, сначала идет параллельно горизонтальной оси, а затем круто загибается вниз, что и показано на рисунке 1.

Рис. 1. Различные типы кривых выживаемости

В природе подобный ход смертности не свойствен ни одному виду, но встречается приближение к нему, например, у таких насекомых с хорошо защищенными личинками, как жуки-златки, у крупных млекопитающих с высокой степенью выживаемости молодняка. К этому же типу близка кривая, описывающая смертность в современных популяциях человека. Средняя продолжительность жизни особи в таких популяциях высока и приближается к максимальной.

Наиболее часто встречающийся в природе вариант – повышенная гибель особей в ранний период жизни. Взрослые формы более защищены или выносливы. Кривая смертности в таких популяциях резко падает к горизонтальной оси в самом начале. Ее наклон отражает скорость убыли поколения. Так, у большинства рыб значительная часть популяции гибнет еще на стадии икры, очень велик также отсев мальков и лишь среди взрослых особей смертность становится ниже. У мышей и полевок, выкармливаемых матерью, гибель учащается после выхода молодых из гнезда, когда они приступают к самостоятельной жизни. Средняя продолжительность жизни особи намного меньше максимальной. Такая же картина характерна для многих воробьиных птиц. У людей

также на протяжении почти всей истории была высокой детская смертность, которая резко снизилась с успешным развитием медицины. Это привело к изменению типа кривой выживаемости в поколениях и стремительному увеличению численности населения Земли, получившему название «демографического взрыва».

Стратегии выживания популяций

В процессе естественного отбора организмы достигают наиболее благоприятного соотношения между энергией, затрачиваемой на рост и жизнедеятельность, и энергией, затрачиваемой на поиск источника пищи.

У автотрофов эта эффективность складывается из полезной части световой энергии (преобразуемой в пищу) за минусом энергии, необходимой для поддержания энергоулавливающих структур. У животных критическим является отношение разницы между полезной энергией пищи и энергетической стоимостью поиска и поедания пищевых объектов ко времени, необходимому для поиска и поедания. Таким образом, у живых организмов отмечаются совершенно разные жизненные стратегии организмов.

В 1967 г. была развита концепция жизненных стратегий Р. Мак-Артуром и Э. Уилсоном. Позднее она была признана многими ведущими экологами мира.

Экологическая стратегия – это сформировавшиеся в различных условиях естественного отбора способы взаимодействия организмов с внешней средой. Согласно данной концепции, выделяют два типа стратегии: r- и K-стратегии.

В конце 60-х годов эта идея возродилась в концепции r- и K-отбора, выдвинутой американскими экологами Р. Мак-Артуром и Э. Уилсоном. Они предложили различать две основные стратегии размножения организмов, обеспечивающие выживание в разных условиях, обозначив их через коэффициенты, входящие в уравнение роста популяций. При *r-стратегии* отбор идет на высокую плодовитость, оборачиваемость поколений, способность к быстрому расселению, что позволяет видам быстро восстанавливать численность после резкого ее снижения.

r-стратегия направлена на компенсацию больших потерь высоким биотическим потенциалом. Такие виды легко осваивают местообитание с нестабильными климатическими условиями (виды-вселенцы, например, двустворчатые моллюски).

При ***К-стратегии*** отбор совершенствует разные формы заботы о потомстве, что позволяет снизить плодовитость. Одновременно увеличивается продолжительность жизненных циклов, и совершенствуются механизмы устойчивого поддержания численности в биоценозах.

К-стратегия связана с отбором, направленным на повышение выживаемости (повышение плотности) в условиях уже стабилизировавшейся численности при сильной конкурентной борьбе или чрезмерном хищничестве. Это отбор на конкурентоспособность, повышение защищённости от хищников и паразитов.

Естественно, что между крайними формами имеются все промежуточные варианты. Элементы r- и К-стратегий выживания прослеживаются во всех систематических группах организмов. Даже в пределах вида в популяциях, обитающих в разных условиях, усиливаются те или иные направления отбора.

Стратегия жизни популяции (с гр. *strategia* от *stratos* – войско и *ago* – веду) – совокупность приспособлений, способов выживания и поддержания стабильности популяций растений и животных в экосистемах. По одной из классификаций, предложенной Л. Г. Раменским, в растительном мире различают виолентов, патиентов и эксплерентов.

Виоленты – (от лат. *violent* – неистовый) – тип стратегии растений по Л. Г. Раменскому, отличающийся высокой конкурентоспособностью («силовики», «львы»). К ним относятся деревья, реже кустарники и травы с мощным габитусом и развитой корневой системой, позволяющими виолентам ставить под контроль ресурсы эдафической среды и света. В сукцессиях виоленты доминируют на последних стадиях (например, бук в лесу, тростник в дельтах рек средней полосы).

Виды, наиболее мощные по способности образовывать сообщества или внедряться в них, энергично развиваться, захватывать территорию, удерживать ее за собой, подавлять соперников превосходящей энергию жизнедеятельности и полноту использования ресурсов среды.

Патиенты – (от лат. patiens – терпеливый) – растения, побеждающие в борьбе за существование благодаря своей выносливости. Л. Г. Раменский, которому принадлежит термин, образно называл их «верблюдами растительного мира». К ним относятся многие доминанты, особенно обитающие в экстремальных

условиях. Они приспособлены к жизни в исходно бедных для растений местообитаниях, например, растения пустынь.

Патиенты в борьбе за существование «берут» не энергией жизнедеятельности и роста, а своей выносливостью к крайне суровым условиям, постоянным или временным. Они довольствуются теми ресурсами, которые остаются от виолентов.

Флуктуационные эксплеренты (флуктуация – отклоняться, колебаться, от лат. expleo – наполняю, заполняю) – многолетние, реже дву- или однолетние травы, обладающие слабовыраженной конкурентной способностью. Они имеют очень низкую конкурентную мощность, но зато способны очень быстро захватывать освобождающиеся территории, заполняя промежутки между сильными растениями, так же легко они вытесняются последними (например, сорные однолетние растения).

Особенности расселения популяций

Выселение особей из популяции или пополнение ее «пришельцами» – закономерное явление, основанное на одной из важнейших биологических черт вида – его расселительной способности. В каждой популяции часть особей регулярно покидает ее, пополняя соседние или заселяя новые, еще не занятые видом территории. Этот процесс называют *дисперсией популяции.*

Расселение даёт:

1) возможность к занятию новых биотопов;

2) расширение общего ареала вида;

3) успех вида в борьбе за существование.

Расселительные функции выполняются в определенный период жизненного цикла: у насекомых в основном на стадии имаго, у тироглифоидных клещей – специальными дейтонимфами-гипопусами, у большинства птиц и млекопитающих – подрастающим молодняком. У растений рассеиваются или разносятся семена и споры, сидячие животные распространяются посредством плавающих личинок или специальных поколений при метагенезе.

Каждый вид характеризуется своим темпом дисперсии. По подсчетам, у зайцев-беляков регулярно покидает места рождения примерно 1% молодняка, тогда как в популяциях большой синицы в среднем лишь треть молодых остается в той местности, где они вывелись из яиц.

Расселительная дисперсия служит средством связи между популяциями. Она повышается при увеличении плотности населения.

В период депрессии численности, наоборот, усиливается поток вселенцев в популяцию. У оседлых животных с хорошо выраженными территориальными инстинктами агрессивное поведение по отношению к пришельцам в период низкой численности популяции ослабевает, и вселенцы занимают свободные участки.

Ряд популяций, занимающих малопригодные места обитания, часто не в состоянии поддерживать свою численность за счет размножения и могут сохраняться преимущественно за счет иммиграции (вселения). Такие популяции В. Н. Беклемишев называл ***зависимыми***.

Расселительные перемещения, по Н. П. Наумову, приводят к обмену особей между популяциями, увеличивают единство и общую устойчивость вида, так как те адаптации, которые возникли в местных условиях, но имеют общее значение: возможность постепенного распространения в пределах всего видового ареала. Проникновение расселяющихся особей на не занятые еще видом территории, заселение их и образование новых популяций называют ***инвазией.***

Темпы роста популяции

Изменения темпов роста популяции могут быть различными.

В первом случае темп роста с самого начала высок и постоянен независимо от нарастающей плотности, что соответствует лавинообразному, по экспоненте, увеличению численности популяции. При достижении же определенной плотности населения темп роста падает сразу до нуля. Это означает, что популяция резко прекращает воспроизводство. В природе такой тип захвата среды встречается у видов, для которых жизненно важна скорость овладения ресурсами, например у нематод, клещей, некоторых насекомых, обитающих в быстро меняющихся условиях среды.

Мелкие нематоды, населяющие конский и коровий навоз, могут осуществить свой жизненный цикл за несколько часов, тогда как близкие им виды, но обитающие в других, более постоянных условиях, развиваются от двух до трех недель. Скорость овладения средой имеет значение и для предупреждения конкуренции со стороны других претендентов. После массового размножения

и быстрого потребления доступных ресурсов в популяциях размножение прекращается, и особи расселяются путем миграций или перелета.

Во втором случае изменения темпов роста популяций находятся в обратной зависимости от плотности. Разреженная популяция в благоприятных условиях быстро наращивает свою численность, но чем больше становится в ней особей, тем меньше доля очередного приплода, пока скорость воспроизводства не сравняется со смертностью. Тогда темп роста популяции снижается до нуля, а общая численность стабилизируется в соответствии с доступными для популяции ресурсами. Такой характер становления новых популяций свойственен в основном видам, у которых успех в размножении при низком уровне численности не лимитируется обязательностью группового образа жизни, необходимостью встречи полов и другими причинами (например, у мелких партеногенетических ракообразных, растений с апомиксисом (смешением, т.е. различными способами бесполого размножения животных и растений или образование зародыша без оплодотворения и т. д.). Однако у большинства видов наиболее высокий темп роста популяций отмечается лишь при определенной оптимальной плотности. Если популяция сильно разрежена, это затрудняет встречу полов, защиту молодняка, проявление эффекта группы у животных, опыление у растений, поэтому население растет вначале очень медленно.

В свою очередь высокий потенциал размножения играет большую роль в выживании видов. Популяции, сведенные к низкому уровню численности, могут быстро восстановиться при благоприятной перемене условий. Некоторые виды только за счёт массового размножения могут противостоять выеданию их различными потребителями или угрозе вытеснения конкурентами. Высокий уровень размножения способствует быстрому освоению видом новых пространств.

Однако безграничное размножение таит в себе и большую опасность для любой популяции, так как может привести к быстрому подрыву ресурсов среды, нехватке пищи, убежищ, пространства и т. п., что неминуемо повлечет за собой общее ослабление популяции. Перенаселенность настолько неблагоприятна для любого вида, что в ходе эволюции у разных форм выработались в результате естественного отбора самые разнообразные механизмы,

способствующие предотвращению избытка особей и поддержанию определенного уровня плотности популяции.

Гомеостаз популяции

Поддержание определенной плотности популяции получило название ***гомеостаза популяции.***

Гомеостаз – это постоянство внутренней среды. Данный термин был сформулирован ещё в 1878 г. французским учёным Клодом Бернаром.

Способность популяции поддерживать динамическое равновесие со средой, в частности определенную численность особей, называется **гомеостазом популяции** (с греч. «гомеас» – подобный, одинаковый, «остас» – состояние).

Американский физиолог Уолтер Кеннон в 1932 г. в своей книге «The Wisdom of the Body» («Мудрость тела») предложил этот термин как название для «координированных физиологических процессов, которые поддерживают большинство устойчивых состояний организма». В дальнейшем этот термин распространился на способность динамически сохранять постоянство своего внутреннего состояния любой открытой системой.

Понятие гомеостаза является одним из важнейших в экологии. По отношению к любой природной системе (популяция, биоценоз, экосистема) гомеостаз определяется как состояние ее внутреннего функционального равновесия, поддерживаемое постоянным саморегулированием компонентов. Гомеостаз является характерным и необходимым для всех природных систем – от атома и организма до космических образований.

Функции гомеостаза свойственны популяциям всех групп живых организмов, однако наиболее полно они изучены у животных. При всем многообразии механизмов популяционного гомеостаза их можно сгруппировать в три функциональные категории.

1) *Поддержание пространственной структуры*.

Механизмы поддержания пространственной структуры разнообразны. Наиболее важные из них следующие.

1.1. *Территориальная агрессия* – наиболее прямая форма территориальных взаимоотношений. Она в той или иной форме свойственна всем видам. Животные, кормящиеся на своем участке, проявляют агрессию при защите его от соседей (даже визуально знакомых). Птицы активно защищают территорию своего

гнездования, грызуны охраняют друг от друга места своего пропитания, хищники заботятся об охране своих охотничьих участков и т.п.

1.2. *Маркирование территории* – относительно «мягкий» механизм гомеостаза, не связанный с агрессией. У птиц это выражается в акустической маркировке участков. Некоторые обитатели водной среды также прибегают к звуковым сигнализациям. Так, голубые киты при общении друг с другом издают низкочастотные импульсы порядка 188 дБ, что позволяет считать подобные звуки самыми громкими звуками, которые способны издавать животные. Их можно услышать на расстоянии до 860 км.

У рыб нередко окраска тела говорит чужаку о занятости территории. Разнообразны механизмы маркировки территории у млекопитающих. Многие животные для мечения участков используют запах мочи и экскрементов. Например, полевки, песчанки и многие другие виды мышевидных грызунов.

Нередко в качестве меток используются визуально различимые знаки. Например, следы когтей бурого медведя на стволах деревьев, либо остатки шерсти, которыми многие представители семейства волчьих метят свою территорию.

2) *Поддержание генетической структуры*.

Генетическая структура популяции поддерживается степенью индивидуальной изменчивости особей. Чем генетически более разнородна популяция, тем выше ее экологическая пластичность. Считается, что поддержание стабильной генетической структуры обеспечивается случайным характером скрещивания, хотя во многих группах высших животных доминирующие (преобладающие) особи имеют преимущества в спаривании. Например, на лежбищах морских слонов (как и у многих других ластоногих) секачи-доминанты составляют всего 4% от всех самцов, но принимают участие в 85% спариваний и оплодотворяют до 85% самок.

3) *Регуляция численности и плотности*.

Численность любой популяции определяется ее способностью к размножению. Потенциально многие виды могут очень сильно увеличивать свою численность. Самки некоторых рыб мечут тысячи или даже миллионы икринок каждый год. Крысы и мыши 4 раза в год приносят приплод примерно с 5 детенышами в одном помете.

Изменения в численности популяции обусловливаются в основном абиотическими факторами (погодные явления, наличие пищи, различного рода катастрофы и т.п.). Эти факторы могут обеспечивать условия как для неограниченного, хотя и кратковременного, роста популяций, так и для снижения их численности до нулевых величин. Группы этих факторов обычно называют *модифицирующими* (от лат. «модификацио» – изменение).

Зависимая от плотности динамика популяций обеспечивается биотическими факторами. Их называют *регулирующими*. Они «работают» по принципу обратной отрицательной связи: чем значительнее численность, тем сильнее срабатывают механизмы, обусловливающие ее снижение, и наоборот – при низкой численности сила этих механизмов ослабевает и создаются условия для более полной реализации биотического потенциала. Факторы такого типа обеспечивают поддержание численности в определенных границах значений.

К числу регулирующих факторов относится, в частности, форма взаимоотношений организмов по типу «хищник – жертва». Высокая численность жертвы создает условия (пищевые) для размножения хищника. Последний, в свою очередь, увеличив численность, снижает количество жертвы. Численность обоих видов в результате этого носит синхронно-колебательный характер. Регулирующие факторы, в отличие от модифицирующих, никогда не доводят численность популяций до нулевых значений вследствие того, что сила их действия уменьшается по мере уменьшения численности популяций.

В основе способностей популяций к гомеостазу лежат изменения физиологических особенностей, роста, поведения каждой особи в ответ на увеличение или уменьшение числа членов популяции, к которой она принадлежит.

Механизмы популяционного гомеостаза включают:

1) поддержание определенной пространственной структуры (благодаря особенностям социальных отношений и характеру использования территории);

2) поддержание генетической структуры (через богатство генома популяции и геномов каждой особи);

3) регуляция плотности населения (без которой невозможно оптимальное использование территории).

Гомеостатические механизмы функционируют в определенных пределах, обозначенных внешними или внутренними лимитирующими факторами. Для популяции поддержание гомеостаза имеет первостепенное значение.

Механизмы популяционного гомеостаза зависят от:

1) экологической специфики вида и его подвижности;

2) степени воздействия хищников и паразитов и др.

У одних видов они могут проявляться в жесткой форме, приводя к гибели избытка особей, у других – в смягченной, например, в понижении плодовитости на основе условных рефлексов.

Контрольные вопросы

1. Значение динамики популяции для особи, популяции и сообщества.
2. Раскрыть понятие «биотического или репродуктивного потенциала».
3. Характер численности популяции.
4. Значение ёмкости среды для особи и сообщества.
5. Понятие рождаемости; абсолютная, удельная и максимальная рождаемость.
6. Понятие смертности, абсолютная и удельная смертность.
7. Характеристика типов смертности.
8. Раскрыть понятие «экологическая стратегия».
9. Охарактеризовать стратегии выживания популяции: r- и K-стратегии.
10. Особенности расселения популяций.
11. Характер темпа роста популяции.
12. Механизмы популяционного гомеостаза.

ЗАНЯТИЕ №5
Регуляция численности популяций в биоценозах

Цель занятия: изучить процессы регуляции популяции и динамики численности видов.

Задание 1. Модификация и регуляция популяций.

Задание 2. Инерционная и безинерционная регуляция.

Задание 3. Типы динамики численности популяций.

Задание 4. Механизмы динамики численности видов.

Задание 5. Влияние ослабления или усиления пресса хищников на динамику популяций и структуру сообществ.

Модификация и регуляция популяций

Современная теория рассматривает динамику численности популяций как авторегулируемый процесс. Любой популяции организмов в конкретных условиях свойствен определенный средний уровень численности, вокруг которого происходят колебания. Отклонения от этого среднего уровня имеют разный размах, но в норме после каждого отклонения численность популяции начинает изменяться с обратным знаком. Теория динамики численности разрабатывается в основном на примере животных, хотя целый ряд ее положений применим и к растениям, грибам, простейшим и прокариотам.

Выделяют две принципиально разные стороны популяционной динамики: *модификацию* и *регуляцию.*

Модификация – это случайное отклонение численности, возникающее в результате воздействия самых разнообразных факторов, не связанных с плотностью популяции.

Регуляция – это возврат популяции после отклонения к исходному состоянию, совершающийся под влиянием факторов, сила действия которых определяется плотностью популяции.

Модифицирующие факторы, вызывая изменение численности популяций, сами не испытывают влияния этих изменений. Действие их, таким образом, одностороннее. К ним относятся все абиотические влияния среды на организмы, на качество и количество их корма и т.п. Благоприятная погодная обстановка может послужить причиной массовой вспышки размножения вида и перенаселения занимаемой им территории, как, например, в случае стадных саранчовых. Отрицательное воздействие модифицирующих факторов, наоборот, снижает численность популяции иногда до полного ее исчезновения.

Климатические и погодные изменения оказывают и прямое, и опосредованное влияние на живые организмы. На популяциях это влияние проявляется через усиление или ослабление смертности. Так, в нераспаханных степях большим бедствием для копытных был джут – это сочетание многоснежья с гололедицей (массовый падёж скота, вызванный обледенением пастбищ). В такие зимы

наблюдался массовый падеж скота, сайгаков, дроф, стрепетов, не способных добывать корм из-под снега. В малоснежные холодные зимы в лесной зоне из-за промерзания грунта в массе гибнут кроты, полевки, мыши.

Заморозки в начале лета могут повлиять на выживаемость птиц. У тетеревов и глухарей, например, замерзают в гнездах яйца, когда самки отлучаются для кормежки. Насекомоядные птицы в это время гибнут от голода. Засухи и наводнения губят многих насекомых, их личинок и кладки. В выжженной солнцем степи после миграции по ней сайгаков остается множество трупов этих животных, преимущественно молодняка.

Влияние модифицирующих факторов, не зависящих от плотности популяции, может вызывать резкий спад ее численности. В сельском хозяйстве чрезвычайно важно прогнозирование погодных условий для возможностей защиты урожая.

Численность многих видов проявляет прямую корреляцию с ходом температурных условий, что особенно наглядно для пойкилотермных (от греч. *poikílos* – различный, переменчивый и *thérme* – тепло). Животным с непостоянной температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды, относятся все беспозвоночные, из позвоночных – рыбы, земноводные и пресмыкающиеся.

Из-за выраженного сильного и разнонаправленного действия на популяции погодных условий ряд экологов поддерживал в прошлом так называемую *климатическую теорию динамики численности.* По этой теории именно вариации погодных факторов определяют пределы колебания численности видов. Однако дальнейшие исследования показали, что никакие комбинации случайных, односторонне действующих факторов не могут удерживать популяции в тех определенных границах, которые характерны для них в конкретных биоценозах. Факторы, действие которых проявляется на уровне организмов и не зависит от плотности популяций, не могут быть регуляторами их численности.

Регулирующие факторы не просто изменяют численность популяции, а сглаживают ее колебания, приводя после очередного отклонения от оптимума к прежнему уровню. Это происходит потому, что эффект их воздействия тем сильнее, чем выше плотность популяции. В качестве регулирующих сил выступают межвидовые и внутривидовые отношения организмов.

Межвидовые связи осуществляются в биоценозах, поэтому относятся к группе *биоценотических механизмов* регуляции численности популяции. Наиболее эффективные из них – трофические отношения организмов: хищничество, паразитизм, собирательство, пастьба и другие, как прямые, так и косвенные. Прямые связи хищник – жертва являются наиболее изученными регуляторными механизмами в сообществах.

Общее число жертв, которых может уничтожить один хищник, сначала растет почти пропорционально росту численности потребляемого вида. Это так называемая *функциональная реакция хищников на жертву.* Однако она имеет предел, обусловленный физическими возможностями потребителя. Так, после полного насыщения хищники обычно слабо реагируют на жертву. Новые возможности влиять на популяции жертв возникают при росте численности хищников за счет успешного размножения на хорошей кормовой базе. Это явление получило название *численной* или *количественной реакции хищников на рост численности жертв.* Количественная реакция хищников всегда запаздывает по сравнению с ходом размножения жертвы, так как является ответом на изменение кормовой базы.

В лабораторных условиях при совместном содержании хищника и его жертвы отмечаются периодические изменения численности обоих видов, имеющие довольно закономерный характер. В опытах, проведенных нашим отечественным биологом Г. Ф. Гаузе в 30-х годах с пробирочными культурами простейших, было обнаружено следующее: усиленное размножение хищной инфузории Didinium nasutum закономерно следовало всякий раз за размножением ее жертвы – туфельки Paramecium caudatum. Когда хищник достигал высокой численности, он полностью уничтожал парамеций, после чего наступала гибель самих Didinium, лишенных пищевой базы. Однако когда в пробирки помещали некоторое количество песчинок, под которыми часть туфелек могла найти недоступные для хищников убежища, после гибели Didinium наступало новое массовое размножение парамеций. В другой серии опытов, когда культивировали разные виды парамеций, а в качестве их пищи – дрожжевые клетки рода Sacharomyces, было получено при дополнительных условиях несколько закономерных циклов колебаний численности дрожжей и туфелек.

Механизмы подобных колебаний можно представить следующим образом: увеличение численности жертв происходит до тех пор, пока темпы «их выедания» нарастающим количеством хищников превысит скорости размножения. После этого дальнейшая деятельность хищников только подрывает кормовую базу, что ведет к снижению их собственной численности. Это позволяет немногим оставшимся в живых жертвам вновь размножиться и, следовательно, улучшить кормовые условия для хищников. Если последние еще присутствуют в системе, новое увеличение количества жертв способствует новому подъему численности хищников и цикл повторяется снова.

В природных условиях такие закономерные циклические изменения численности двух видов, связанных пищевыми отношениями, выявить трудно, так как на их размножение и гибель влияют взаимодействия со множеством других видов, а также абиотические изменения среды. Однако в ряде случаев и в природной обстановке удается заметить регулярные периодические изменения обилия хищников и их жертв.

Особенно наглядно такие колебания обнаруживаются в обедненных сообществах, где межвидовые связи не столь разнообразны: в тундрах и полярных пустынях, лесах с господством одной породы деревьев, культурных садах и т. п. Циклические изменения численности выявлены, например, у леммингов и их основных потребителей – песцов, имеющих свойство массового размножения, вредителей яблонь – паутинных клещиков и питающихся ими хищных клещей и у многих других сопряженных пищевыми связями видов. Более детальные исследования, проведённые рядом исследователей, показывают, что циклические колебания численности жертв чаще связаны не только с проявлением внутрипопуляционных механизмов гомеостаза, но и за счёт взаимоотношений с хищниками, что вносит свой вклад в размах этих колебаний.

Таким образом, истребление жертв и поражаемость хозяев зависят не только от численности врагов, но и от обилия последних, что также определяется численностью объектов их питания.

Паразиты – также мощный фактор сдерживания численности хозяев. Они, как правило, редко вызывают массовую гибель пораженных особей. Но поскольку зараженность паразитами ослабляет организм хозяина, она приводит, как правило, к падению

плодовитости или даже полной стерилизации, что имеет следствием снижение численности следующих поколений.

Некоторые паразиты, однако, обязательно приводят хозяина к гибели, что сокращает численность заражаемого ими поколения. Эту группу паразитов называют часто *паразитоидами.* К ним относятся, например, насекомые, откладывающие яйца в яйца и личинки других насекомых.

Возбудители инфекционных заболеваний также сильно зависят от плотности популяций поражаемых ими видов, так как при достижении последними определенного порога численности становится возможной легкая передача инвазионного начала. Поэтому инфекционные болезни (тоже основанные на трофических связях) распространяются, как правило, внезапно и взрывообразно.

Конкуренты также являются регуляторами плотности популяций в биоценозах, так как взаимно обусловливают численность друг друга, вынуждая ограничивать масштабы использования ресурсов.

Биоценотические механизмы являются *внешними* по отношению к популяции регуляторами, сдерживающими рост ее численности.

Внутренние механизмы – это все те качественные изменения популяции в ответ на повышение плотности, которые рассматривались как механизмы ее гомеостаза. Многообразие этих механизмов (самоизреживание, каннибализм, территориальное поведение, расселительные инстинкты, фазовость насекомых, стресс-реакция млекопитающих, изменения плодовитости, агрессивности и т. п.) свидетельствуют о том, что любой способ снятия угрозы перенаселения поддерживается естественным отбором как важная адаптация в жизни каждого вида.

Инерционная и безинерционная регуляция

Разные типы отношений определяют быстроту ответных реакций на изменения численности популяций. В связи с этим среди факторов популяционной динамики выделяют инерционные и безинерционные регуляторные механизмы.

Инерционные механизмы зависят главным образом от плотности предыдущих поколений, ***безинерционные*** – от плотности текущих генераций. Например, функциональная реакция хищников – безинерционный механизм воздействия на популяцию жертв,

так как количество пойманных жертв увеличивается сразу вслед за ростом их численности. Количественная же реакция, связанная с увеличением численности самих хищников, всегда запаздывает, так как для миграции или размножения им нужно обычно значительное время. Поэтому достаточно часто естественные враги сильно размножаются уже тогда, когда численность жертв по каким-то причинам пошла на убыль. В динамике численности насекомых, например, наибольшую инерционность имеет деятельность энтомофагов, особенно у тех, у которых время генерации больше, чем у жертвы. Менее инерционны болезнетворные микроорганизмы. При высокой плотности популяций насекомых эпизоотии могут «вспыхивать» очень быстро. При этом играет роль и скученность насекомых, и их ослабленность в результате начинающегося недостатка корма.

Внутрипопуляционные регуляторные механизмы тоже отличаются по степени инерционности. Конкуренция, каннибализм, миграции достигают эффекта в одном поколении и мало зависят от плотности предыдущих. Такие же явления, как диапауза (период покоя в развитии животных), изменение возрастного состава и соотношения полов, усиление полиморфизма, сказываются на численности не текущего, а следующих поколений. Здесь также проявляется эффект запаздывания. К этой же группе относятся механизмы сигнального действия роста плотности популяции, которое, влечет за собой изменения физиологического состояния и поведения животных еще до проявления острых конкурентных отношений, такие как фазовость насекомых, стресс у млекопитающих и др.

Ограничение возможных колебаний численности популяций имеет большое значение не только для их собственного процветания, но и для устойчивого существования сообществ. Успешное сожительство организмов разных видов возможно только при их определенных количественных отношениях. Поэтому естественным отбором закреплены самые разнообразные заслоны на пути катастрофического увеличения численности популяций, регуляторные механизмы которых имеют множественный характер.

Например, если темпы роста популяции насекомых не очень высоки, то для сдерживания ее численности достаточно деятельности многоядных (т. е. неспециализированных) хищников, у которых данный вид составляет лишь часть рациона. При более

быстром увеличении численности насекомых хищники, не успевая выедать весь прирост, теряют регулирующую роль. Однако высокая плотность популяции благоприятна для массового размножения специализированных паразитов, которым становится легче находить хозяев. При еще более быстром темпе роста популяции паразиты также теряют регулирующую роль, но повышается вероятность вспышки инфекционных заболеваний, так как возбудители болезней быстро распространяются при частых контактах особей. Наряду с этим приходят в действие внутрипопуляционные способы поддержания гомеостаза, различные у разных видов.

Предельно возможный рост популяции – до полного исчерпывания ресурсов среды и подрыва своего дальнейшего существования. В природных популяциях такие катастрофические события не происходят из-за множественности регулирующих воздействий межвидового и внутривидового характера, включающихся в разных интервалах плотности. Сложная система связей как бы страхует популяцию от превышения границ оптимальной численности в данном сообществе.

Динамика численности популяций в естественной обстановке – это также автоматически регулируемый процесс, механизмы стабилизации которого отработаны длительной историей совместного развития видов. В сообществах, искусственно создаваемых человеком или упрощенных в результате антропогенных воздействий, регуляторные связи ослаблены, и поэтому в них возможны катастрофические для биоценоза процессы размножения отдельных видов – вредителей сельскохозяйственных растений и лесных насаждений, грызунов, паразитов, возбудителей болезней и т.п.

Природная регуляция численности имеет две особенности. Во-первых, большинство регуляторных механизмов действует в ответ на уже произошедшее изменение численности популяции и регуляторный эффект достигается с некоторым замедлением. Это значит, что полной стабилизации достигнуто быть не может, численность популяции всегда совершает колебания, синхронные с воздействием модифицирующих факторов, а регулирующие лишь уменьшают размах возможных колебаний. Таким образом, популяциям свойствен *тип регуляции, управляемой ошибкой:* механизмы регуляции срабатывают лишь при выходе численности за определенные пределы.

Во-вторых, регуляция способствует преимущественно лишь активному *ограничению роста* популяции, тогда как подъем численности после сильного снижения возможен в результате уменьшения силы действия регуляторов.

Разграничение факторов динамики численности организмов на модифицирующие и регулирующие имеет большое практическое значение из-за принципиальных различий их влияния на популяцию.

Изучение модифицирующих факторов важно для выяснения причин колебания численности и их прогнозирования, изучение регуляторных механизмов – для ограничения амплитуды колебания численности и ее максимально возможной стабилизации.

Таким образом, как масштабы, так и ход колебания численности любого вида в природных сообществах исторически обусловлены естественным отбором в зависимости от особенностей биологии, характера внутривидовых связей и межвидовых отношений.

Как правило, численность видов, имеющих много врагов и конкурентов, ограничивается в биоценозах именно внешними регуляторами, их функциональными и количественными реакциями. Собственные механизмы гомеостаза выявляются лишь при очень высокой плотности популяций, когда возникают сбои в активности потребителей. Виды, которых «все едят», отзываются лишь на чрезмерное увеличение собственной численности, грозящей подрывом ресурсов. Наоборот, крупные хищники и другие виды, испытывающие слабый пресс естественных врагов, обладают очень эффективными внутривидовыми способами регуляции плотности популяции.

Типы динамики численности популяций

Тип динамики численности – скорее популяционная, но не видовая характеристика. Популяции одних и тех же видов в различных условиях могут характеризоваться разным ходом динамики численности. Это объясняется преимущественно тем, что среди регуляторных механизмов большую роль играют межвидовые взаимосвязи, которые в пределах ареала вида могут быть в разной степени напряженности. Например, многие виды, которые в природных условиях сдерживались врагами, проявляют склонность к вспышкам массового размножения в садах и на полях, где ослаблен биологический контроль.

Можно выделить три основных типа популяционной динамики численности.

I. ***Стабильный тип:*** отличается небольшим размахом колебаний численности особей. Свойственен видам с хорошо выраженными механизмами популяционного гомеостаза, высокой выживаемостью, низкой плодовитостью, большой продолжительностью жизни, сложной возрастной структурой, развитой заботой о потомстве. Целый комплекс эффективно работающих регуляторных механизмов держит такие популяции в определенных пределах плотности. Такова, например, динамика численности крупных млекопитающих и птиц, а также ряда беспозвоночных.

II. ***Флюктуирующий тип:*** колебания происходят в значительном интервале плотностей, различающихся на один-два порядка величин. При этом различают три фазы колебательного цикла: *нарастания, максимума, разрежения численности.* Возврат к стабильному состоянию происходит быстро. Регуляторные механизмы не теряют контроля за численностью популяций, увеличивая свою эффективность вслед за увеличением плотности. Преобладают слабоинерционные меж- и внутривидовые взаимодействия. Такой ход численности широко распространен в разных группах животных.

III. ***Взрывной тип:*** со вспышками массового размножения – прекращение действия модифицирующих факторов не вызывает быстрого возврата популяции в стабильное состояние. Динамика численности складывается из циклов, в которых различают пять обязательных фаз:

1) нарастания численности;
2) максимума;
3) разреживания;
4) депрессии;
5) восстановления.

Для популяций периодически характерны предельно высокий и необычайно низкий уровни численности. По фазам цикла также сильно меняются показатели размножения, возрастной и половой структуры популяции, физиологического состояния, поведения, а иногда и морфологических особенностей составляющих ее особей. Такой ход численности обнаруживается чаще всего у видов с малой продолжительностью жизни, высокой плодовитостью, быстрым оборотом генераций. Он свойствен, например, некоторым

насекомым (саранчовые, вредители леса – усачи, короеды, ряд чешуекрылых и пилильщиков и др.), среди млекопитающих отмечен у многих видов мышевидных грызунов.

Механизмы динамики численности видов

Типы популяционной динамики численности наиболее хорошо изучены у лесных насекомых, на примере которых выявляется большое многообразие конкретных связей и особенностей видов, влияющих на плотность их популяций.

В лесных сообществах преобладают виды со *стабильным ходом популяционной динамики.* Они питаются практически за счет всех частей деревьев (стволы, корни, побеги, листья, почки, плоды, семена), однако при этом не оказывают губительного воздействия на растения. Как правило, такие индифферентные виды отличаются низкой миграционной активностью, ведут оседлый образ жизни. Комплекс их паразитов включает обычно несколько сильно специализированных видов, эффективно поражающих популяцию хозяина.

Флюктуирующий тип динамики численности свойствен многим ксилофагам (потребителям коры и древесины): усачам, златкам, короедам. Для них характерно совместное заселение кормовых объектов – ослабление деревьев. Это позволяет быстро снизить устойчивость дерева, но в то же время совместное обитание ксилофагов обостряет конкурентные отношения между ними, что действует как безинерционный механизм регуляции численности.

Для короедов, поселяющихся первыми на ослабленных деревьях, при избыточном запасе питательных веществ (растворимых углеводов и крахмала) развитие лимитируется воздействием защитных реакций дерева, таких, например, как смоловыделение у хвойных. Кроме того, еще отсутствуют симбиотические микроорганизмы. Сопротивление еще жизнеспособных деревьев может быть сломлено при концентрированном нападении и избыточно высокой плотности вредителя. Другой предел пригодности дерева для короедов – полное отмирание и разрушение луба. Между двумя указанными состояниями дерева для короедов создается оптимум кормовых условий, отмечается максимальная выживаемость всех фаз развития и наиболее высокие коэффициенты размножения.

Относительную роль различных регуляторных механизмов, определяющих флюктуирующий ход численности лесных насекомых, можно проследить на примере большого лиственного короеда – Ips subelongatus. Этот вредитель лиственницы и частично других пород широко распространен по всей таежной зоне.

Жуки нападают на физиологически ослабленные живые лиственницы, у которых отсутствует активное защитное смоловыделение. Внедряясь под кору, самцы продуцируют запаховые вещества – феромоны, привлекающие других особей, чем обеспечивается массовость заселения подходящего дерева и его дальнейшее ослабление. Феромоны играют также роль химических регуляторов внутрипопуляционных отношений – распределения короедов по стволу, выступающими, своего рода, меткой территории отдельных гнезд. Жуки, не нашедшие места на данном дереве, переселяются на другие. В дальнейшем внутривидовая конкуренция регулируется самками, которые в зависимости от плотности поселения изменяют длину маточных ходов и количество откладываемых яиц. При возрастающем недостатке площади часть самцов и самок мигрирует на другие объекты.

Таким образом, внутривидовая конкуренция регулирует заселенность дерева на всех фазах жизни вредителя: на стадии взрослых жуков она ведет к усилению миграций, на стадии личинок – к гибели части популяции. Показатели размножения остаются высокими на всех этапах флюктуации численности популяции.

Естественных врагов данного вредителя можно разделить на пять групп, по особенностям их взаимодействия с короедом.

1. Враги, действующие в период лёта короедов: из птичьих – синицы, дятлы, ктыри, муравьи и др. Они уничтожают часть популяции, но одновременно и энтомофагов короеда, т. е. других его естественных врагов. Поэтому их регуляторная деятельность слабо эффективна.

2. Хищные насекомые, уничтожающие короеда на всех фазах развития под корой: ряд пестрянок, чернотелок, карапузиков, хищных мух и клопов. При низкой и средней плотности вредителя хищники сдерживают рост его численности, при высокой же плотности короедов – способствуют повышению их выживаемости. Всё это характеризуется ослаблением внутривидовой конкуренции.

3. Паразиты, заражающие только личинок короедов: бракониды, хальциды. На регуляцию численности они воздействуют слабо, так как пораженные личинки погибают лишь в конце жизни и общая смертность их от паразитов составляет несколько процентов.

4. Паразиты, заражающие взрослых жуков: нематоды, некоторые перепончатокрылые. Их влияние проявляется в снижении плодовитости и сокращении продолжительности жизни жуков. В результате, регулирующий эффект численности в целом не высок.

5. Бактериальные и грибные заболевания. Эпизоотии среди короедов возникают лишь при резком ухудшении условий, когда действуют более мощные механизмы снижения численности.

Таким образом, в межвидовых отношениях короедов более или менее значительную роль в регуляции их численности имеют лишь хищные насекомые при относительно невысокой численности вредителя.

Способность к вспышкам массового размножения свойственна относительно немногим видам лесных насекомых. В сибирской тайге у скрыто живущих видов *взрывной тип динамики численности* характерен для алтайского лиственничного усача, большого черного хвойного усача, лиственничной почковой галлицы и некоторых других представителей. Среди открыто живущих листогрызущих насекомых способность развивать вспышки массового размножения свойственна лишь некоторым видам чешуекрылых и перепончатокрылых (пилильщикам, ткачам). Отличительные черты экологии таких видов: высокая выживаемость в сильно изменчивой среде благодаря специальным адаптациям, высокой миграционной активности, высокой и изменчивой плодовитости. У открыто живущих видов часто выявляется эффект группы и фазовая изменчивость.

Один из опаснейших вредителей хвойных пород – сибирский шелкопряд Dendrolimus sibiricus, распространенный от Урала до Тихого океана. Этот вид обладает следующими внутрипопуляционными механизмами регуляции численности: в очагах сибирского шелкопряда по фазам вспышки существенно изменяется *соотношение полов.* Доля самок варьирует от 32 до 76%. При нарастании вспышки доминируют самки, при затухании – самцы. В переуплотненных популяциях повышается смертность самок на всех фазах развития, а также отмечается их более высокая

миграционная активность из очагов размножения. В фазе максимума численности на периферии очага доля самок составляет до 73%, а в центре – 44%.

У сибирского шелкопряда, как и у других видов со вспышками массового размножения, *плодовитость* изменяется в широких пределах. Этот показатель сильно зависит от плотности популяции. При низкой и сверхвысокой численности плодовитость самок снижается почти втрое. Наиболее высокая плодовитость наблюдается в фазе нарастания численности (свыше 300 яиц на самку), а затем закономерно снижается под влиянием конкуренции и недостатка корма в переуплотненных очагах. Изменение соотношения полов и плодовитости можно рассматривать как безинерционные или слабо инерционные механизмы регуляции численности. Их действие проявляется в течение жизни одного поколения.

Миграционная активность сибирского шелкопряда – это эффективный внутрипопуляционный механизм регуляции численности. У этого вида отмечены разные типы массовых перемещений. В период низкой численности пульсирующие миграции перераспределяют вредителя на площади лесных массивов, в результате чего формируются резервации – места сохранения вида. В основном это перестойные пихтовые леса на склонах южной части ландшафта. В начальной фазе вспышки происходит стягивание вредителя с больших территорий на ограниченный участок леса с наиболее благоприятными условиями (конденсирующие миграции). К концу фазы нарастания численности начинается вылет бабочек из первичных очагов, где к этому времени плотность популяции достигает критических величин. На фазе максимума численности происходят массовые выселения бабочек и их перемещение воздушными потоками на расстояния до 100 км. Среди мигрантов преобладают самки с запасом зрелых яиц. В редких случаях отмечаются активные массовые миграции бабочек. При затухании очагов сибирского шелкопряда развиваются дисперсионные миграции – рассеивание популяции из очагов размножения в окружающие лесные массивы.

Для сибирского шелкопряда известен также *эффект группы* – положительное влияние оптимальной плотности, которое проявляется в основном у гусениц I-III возрастов и выражается в ускорении их развития более чем в 2 раза. В регуляцию хода численности вредителя вносит вклад также гетероцикличность – наличие

особей с одно- и двухлетним циклом в зависимости от плотности популяции.

Повышение плотности очага сильно ускоряет *метаболические процессы* у членов популяции, что выражается как в ускорении сроков развития, так и в изменении поведения и внешнего вида бабочек и гусениц – появляются особи с темной окраской. В разных фазах цикла массового размножения количество темных бабочек в лесах Средней Сибири изменяется от 10 до 80%.

Среди *естественных врагов* сибирского шелкопряда отмечено более 60 видов. Однако, несмотря на разнообразие, энтомофаги не могут постоянно держать под контролем численность вредителя из-за высокой инерционности их количественной реакции. Усложняющий фактор – высокая активность сверхпаразитов. Многие энтомофаги сибирского шелкопряда гораздо менее его устойчивы к факторам абиотической среды. Например, один из эффективных паразитов яйцеед-теленомус в массе гибнет в холодные зимы. Вот почему вспышки размножения сибирского шелкопряда часто возникают после холодных малоснежных зим.

При низкой численности сибирского шелкопряда в резервациях за счет естественных врагов-энтомофагов гибнет до 95% яиц, 40% гусениц и 70% куколок. Основными регуляторами при этом являются яйцеед-теленомус и тахина-мазицера. Общие показатели смертности в популяциях достигают более 99%. Это свидетельствует о высоких возможностях вредителя переходить к вспышке. Быстрый рост численности может быть обеспечен даже небольшим (5-10%) увеличением выживаемости. На фазе нарастания численности поражаемость от энтомофагов падает (яйца – до 50%, гусеницы – до 11%, куколки – до 23%). Энтомофаги «не успевают» сдерживать растущую популяцию вредителя. В период кульминации вспышки пресс энтомофагов на популяцию шелкопряда усиливается и достигает наибольшего выражения в период разреживания и депрессии численности, когда естественные враги полностью уничтожают избыток особей.

Таким образом, при массовых вспышках размножения лесные насекомые-вредители выходят из-под межвидового контроля и их возврат к стабильной численности происходит в основном в результате внутрипопуляционных регулирующих механизмов, которые наиболее эффективно действуют лишь при очень высоких уровнях плотности, губительной для лесного насаждения.

Понимание и учет всех этих факторов, определяющих динамику численности лесных вредителей, совершенно необходимы для принятия действенной системы мер борьбы с ними и профилактики вспышек, для определения необходимости, сроков, доз и форм применения средств, сдерживающих массовое размножение. С экологической точки зрения задача заключается в удержании популяции в зоне депрессии численности.

Понимание механизмов, определяющих движение численности популяций, дает «в руки ключ» управления ими. Однако эта задача не может решаться трафаретно для разных видов. Во всех случаях необходимо детальное знание экологических особенностей конкретного вида и условий его биотического окружения, а также характер взаимодействия модифицирующих факторов среды.

Влияние ослабления или усиления пресса хищников на динамику популяций и структуру сообществ

Ярким примером того, к чему приводит снятие пресса потребителей на популяции жертв, являются масштабные «нашествия» чужеродных видов, попадающих в подходящие для размножения условия на других (чужих) территориях. На родине такие виды испытывают влияние активных регуляторов, занимают соответственные экологические ниши в биоценозах и, как правило, не считаются вредителями. В новой среде, не имея специализированных врагов, эти виды за короткие сроки дают взрывы численности, нарушая структуру сложившихся сообществ. С экологических позиций впервые обзор и анализ таких событий был сделан английским зоологом Ч. Элтоном, одним из основоположников популяционной экологии. Вводя понятие «взрыв» применительно к непомерному увеличению численности какого-либо вида, Ч. Элтон объяснял, что он намеренно употребляет это слово, так как оно обозначает «внезапное освобождение сил, проявление которых сдерживалось ранее другими силами».

«Нашествия» иноземных видов, занос которых преднамеренно или случайно осуществляется человеком, широко распространены в современном мире и часто вызывают большие осложнения в хозяйственной деятельности. Относительно немногие примеры успешной борьбы с ними связаны, как правило, с интродукцией естественных врагов, т. е. воссозданием системы биоценотической

регуляции. Если на «захваченной» видом территории постепенно складывается новый комплекс регуляторов, тогда его численность идет на убыль. Однако для некоторых вселенцев этот процесс происходит достаточно медленно. Таким примером является опасный вредитель картофеля колорадский жук Leptinotarsa septemlineata, распространение которого в Европе началось после заноса из Америки в 20-х годах прошлого века с западных берегов Франции. Постепенно распространяясь на восток, колорадский жук занял в настоящее время всю европейскую территорию, картофелеводческие районы Сибири, обнаружен на Дальнем Востоке и острове Сахалин. Жук и его личинки имеют ядовитую гемолимфу, спасающую их от насекомоядных птиц и других позвоночных. У колорадского жука на евроазиатской территории до сих пор не сформировался эффективный комплекс потребителей. Потери урожая картофеля от колорадского жука составляют в среднем до 40%.

Другим примером современного «нашествия» вида, изменившего всю структуру сообщества, является размножение в Черном море гребневика Mnemiopsis leigyi, занесенного с балластными водами судов от побережья Северной Америки. Этот гребневик обладает гигантским репродуктивным потенциалом, производя ежесуточно до 10 тыс. яиц. Личинки тоже могут продуцировать яйца, из которых развиваются взрослые гребневики. При наличии пищи общая их масса может удваиваться за 2-3 суток. Гребневик питается ветвистоусыми и веслоногими рачками, другим мелким зоопланктоном, икрой и личинками рыб.

Чрезмерное усиление пресса хищников на популяцию какого-либо вида в сообществе может отозваться через сеть трофических зависимостей на довольно далеких уровнях. Например, можно выстроить цепь причинных связей между усилением промысла минтая и других рыб в районе Берингова моря и исчезновением зарослей прибрежных водорослей – ламинарий. Усиленный рыбный промысел (при котором человек выступает в роли мощного хищника) стал одной из причин падения численности питающихся рыбой сивучей и нерпы – основной добычи крупных хищных дельфинов – косаток в 90-х годах 20 века.

Контрольные вопросы

1. Модифицирующие и регулирующие факторы изменения численности в популяции.

2. Количественная реакция хищников на рост численности жертв.

3. Инерционные и безинерционные механизмы регуляции численности особей в популяции.

4. Механизмы динамики численности видов.

5. Миграционная активность особей.

6. Особенности пресса хищников на динамику популяций и структуру сообществ.

ЗАНЯТИЕ №6
Типы и классификация сообществ

Цель занятия: изучить особенности и структуру сообществ.

Задание 1. Типы и признаки сообществ.
Задание 2. Классификация сообществ.

Типы и признаки сообществ

Сообществом называется такой тип внутрипопуляционных отношений, при котором особи образуют стабильные группировки, занимающие и защищающие определенную территорию. Они поддерживают постоянный обмен информацией, находятся в некоторых относительно постоянных отношениях и скрещиваются преимущественно друг с другом,

Сообщество включает в себя, как правило, небольшое число особей. Это более мелкая, чем популяция, группа особей данного вида, которую иногда называют микропопуляцией. Для сравнительного изучения структурных и иных особенностей сообществ животных исследователям необходимо выделять признаки, по которым группировки особей разных видов могут различаться между собой.

Важнейшими признаками при этом оказываются: устойчивость группировок во времени; взаимная координация действий особей в группе; прочность связей между особями; поддержание целостности группы (агрессия по отношению к «чужакам» своего вида).

Для сравнительного изучения структурных и иных особенностей сообществ животных исследователям необходимо выделить

признаки, по которым группировки особей разных видов могут различаться между собой.

Признаки сообщества:

1) устойчивость группировок во времени;

2) взаимная координация действий особей в группе;

3) прочность связей между особями;

4) поддержание целостности группы (агрессия по отношению к «чужакам» своего вида).

К. Лоренц, рассматривая различные формы социальных структур, приводит следующую классификацию: все сообщества, например, животных, можно разделить на два коренным образом различающиеся класса:

1) *анонимные*, в которых нет ничего похожего на структуру (ни группировок, ни вожаков, ни ведомых),

2) *персонифицированные*, основанные на личных контактах, в которых возможно распределение ролей. Этот признак – наличие или отсутствие способности членов группы узнавать друг друга – используется в качестве одного из основных критериев классификации сообществ.

Классификация сообществ строится, таким образом, на оценке прочности контактов и индивидуального узнавания друг друга отдельными особями.

Анонимными сообществами принято называть такие сообщества животных, в которых отсутствует сложная структура взаимоотношений между отдельными особями, они как бы не знакомы друг с другом персонально. Было принято считать, что анонимные сообщества характерны главным образом для более низкоорганизованных групп животных, а с усложнением нервной системы и поведения в целом происходит и усложнение социальной организации, однако это не совсем так.

К таким анонимным сообществам относятся перелетные стаи, скопления многих видов птиц на ночевках или животных разных видов у водопоев, хотя последние могут состоять из более мелких групп, члены которых персонально знают друг друга. Следует отметить, что и в стае перелетных птиц (анонимном сообществе), например лебедей, диких гусей и журавлей, семейные группы (супружеские пары с детьми) держатся вместе и сохраняют личные связи. Но так бывает не у всех видов. В этой же ситуации аисты и цапли – члены супружеских пар – друг друга не узнают. Когда

приходит время вить гнездо, супруги действуют независимо один от другого, даже если пара сохранилась: просто самец и самка каждый сам по себе прилетают на старое место.

Применительно к анонимным сообществам некоторые исследователи используют термин «групповое поведение», отличающийся по смыслу от термина «социальное поведение», характеризующий взаимоотношения животных в персонифицированных сообществах.

Ученые выделяют три типа анонимных сообществ: *скопления, или агрегации*; *открытое и закрытое сообщества*.

Агрегации, или скопления. Уже в ранний период развития этологии был обнаружен широкий диапазон различных типов социальной организации животных, начиная от одиночного образа жизни и заканчивая очень сложными сообществами приматов и общественных насекомых.

Сообщества, даже самые примитивные, следует отличать от скоплений, или агрегаций, животных. Это такие объединения животных, которые формируются под действием какого-то физического фактора среды (пищи, температуры и т.п.). Примером агрегации могут служить стайки головастиков в прогретых солнцем местах водоема. Скопления характерны для многих видов беспозвоночных.

Анонимное сообщество часто демонстрирует удивительную сплоченность и целесообразность групповых действий. Так, стаи скворцов при появлении в воздухе ястреба-перепелятника или чеглока плотно стягиваются, спешат ему навстречу и, обтекая со всех сторон, вновь собираются у него в хвосте. Так же реагируют на хищника и многие рыбы. Хищники же, не только крупные, но и мелкие, не нападают на жертву внутри плотного стада, а стараются отбить кого-то одного или выждать, пока наиболее пугливая и беспокойная жертва сама отделится от стада.

В анонимных сообществах особи согласованно реагируют на биологически значимые сигналы, которые могут иметь разную модальность. В птичьих колониях это громкие крики, оповещающие о приближении хищника или просто о каких-то переменах обстановки. Сигналы другой модальности воспринимаются с помощью зрения, например беспокойные движения одной особи, которые побуждают остальных членов стаи следовать за ней. Такая реакция называется *кинопсисом*.

Сигналы могут иметь химическую природу. Известно, например, что если в аквариум с рыбками налить немного воды из другого аквариума, в котором стайка таких же рыбок недавно спасалась от хищника, то подобная паника может охватить и обитателей первого аквариума. В данном случае информация передается с помощью особого вещества – феромона тревоги.

В анонимном сообществе первыми обычно издают сигналы особи, оказавшиеся на периферии. Поскольку члены стаи все время меняют свое положение, то невольным лидером, за которым они устремятся, может оказаться любое животное. Такое сообщество называют *эквипотенциальным*.

Анонимные сообщества, члены которых не проявляют агрессии по отношению к вновь присоединившимся особям своего вида, получили название ***открытых***. К ним относятся, например, стада жирафов или кенгуру, которых привлекает вид сородичей, но они с равной легкостью присоединяются к данной группе, а затем покидают ее.

Другой тип анонимного сообщества – ***закрытое***. Его члены не различают друг друга «персонально», но могут выделять животных, принадлежащих к другому сообществу («чужаков»), например по запаху.

К типичным закрытым анонимным сообществам относятся колонии крыс-пасюков. При появлении на территории колонии чужака все ее взрослые члены набрасываются на него и либо убивают, либо изгоняют. Единственный признак, по которому крысы отличают «своих» от «чужих», – это специфический для каждой колонии запах. Если крысу потереть подстилкой, взятой из другой колонии, она сейчас же будет убита сородичами, с которыми до этого жила в полном мире.

Более высокий тип общественной организации – это индивидуализированные (персонифицированные) сообщества, т. е. объединения животных с упорядоченной структурой, в которых каждый член «знает» всех остальных «персонально» («в лицо»).

Стабильные замкнутые группировки, основанные на устойчивых отношениях между составляющими их особями, характерны для представителей отряда хищных млекопитающих, особенно тех, кто добывает пищу коллективной охотой (волки, гиеновые собаки и др.), а также для многих видов птиц и приматов. Ядром такой стаи обычно бывает группа достаточно опытных, немолодых

животных, которые давно знают друг друга и находятся в «дружеских» отношениях. Для подобных групп характерно сочетание проявлений типичных черт иерархии доминирования с более сложными «личными» отношениями между отдельными особями.

Другой важной особенностью таких групп является забота старших особей о целостности сообщества и безопасности его членов. Таким образом, при анализе структуры сообществ подобного типа можно выявить и черты иерархии доминирования с неизбежными проявлениями агрессии, и проявление феномена «ролей», когда лидерство попадает к наиболее опытным членам группы, распределяющим эту обязанность между собой.

В целом для таких сообществ характерна очень высокая пластичность индивидуальных контактов, включая черты неформальной привязанности и «дружбы». У высших позвоночных (приматов, дельфинов) сообщества имеют некоторые черты открытых групп (отсутствие агрессии по отношению к чужакам), которые сочетаются с очень сложными и устойчивыми взаимодействиями между особями.

Существуют разные подходы к оценке уровня сложности социальных контактов и относительной роли агрессии и «дружелюбия» в индивидуализированных сообществах. Многочисленные исследования были проведены в зоопарках и в экспериментальных лабораторных вольерах. При этом неизменно возникал вопрос о том, насколько отношения между особями в таких группах действительно соответствуют тому, что происходит в природе, в естественных группировках животных.

Более прямой ответ на этот вопрос дают многочисленные наблюдения за природными популяциями в естественных для вида условиях. Исследователи постепенно приучали животных к своему присутствию, не вмешиваясь в жизнь группы. Так, Дж. Гудолл пишет, что в своих взаимоотношениях шимпанзе прошла три этапа.

На первом этапе она старалась преодолеть естественный для диких животных страх, когда обезьяны при ее появлении разбегались. На втором этапе у обезьян возникали ориентировочно-исследовательские и агрессивные реакции, которые со временем угасли. И, наконец, наступило время, когда обезьяны стали встречать исследовательницу как сородича. При ее появлении они издавали специфический приветственный крик, раскачивали ветви

деревьев, а в некоторых случаях вообще не обращали на нее внимания. Наблюдая за шимпанзе более 30 лет, Дж. Гудолл могла различать «в лицо» всех членов группы и даже иногда знала «биографии» отдельных особей от рождения и до смерти.

Исследования природных популяций человекообразных обезьян и некоторых других млекопитающих, в частности медведей, гиеновых собак и др., а также птиц, например воронов, позволили выявить, какие именно феномены, описанные при наблюдениях в неволе, действительно существуют и в естественных условиях, а какие черты социального поведения этих видов в неволе следует рассматривать как артефакт.

Классификация сообществ

В целях научного познания биоценозов и практического применения знаний о них сообщества организмов необходимо классифицировать по их относительной размерности и сложности организации.

Классификация призвана привести в порядок все их многообразие с помощью системы таксономических категорий, т. е. таксонов, объединяющих в данном случае группы биоценозов с той или иной степенью общности отдельных свойств и признаков, а также строения и происхождения. При этом должны быть соблюдены определенная соподчиненность простых по содержанию таксонов сложным, таксонов малой (локальной) размерности таксонам планетарной размерности, постепенное усложнение их организации. Кроме того, при классификации биоценозов следует учитывать наличие возможных границ между ними.

Особых затруднений в установлении границ не возникает в том случае, когда соседствующие биоценозы имеют четкие индикационные признаки. Например, верховое болото с багульниково-моховым покровом и низкорослым сосновым древостоем контрастирует с окружающим его сосновым лесным сообществом на песчаных почвах. Граница между лесом и лугом также явно прослеживается. Однако, поскольку условия существования сообществ сменяются более плавно, чем сами сообщества, границы биоценозов обычно размыты. Постепенность перехода от одного фитоценоза к другому при их соседстве и смене одного фитоценоза другим во времени отражена в концепции о континууме (от лат. continuum – непрерывность) растительности, развиваемой

советским геоботаником Л. Г. Раменским, американским экологом Р. Х. Уиттекером.

Более резко границы между сообществами выступают в тех случаях, когда эдификаторы оказывают наибольшее преобразовательное воздействие на среду, например границы между лесными массивами, образованными разными древесными породами – сосной, елью, дубом и другими. В степях, полупустынях и пустынях границы между сообществами более постепенные, так как средопреобразующая роль травянистых видов оказывается менее контрастной.

В классификации сообществ используются таксономические категории, принятые в географии растений и основанные на выделении доминант и эдификаторов, что свидетельствует о признании фитоценоза как экологического каркаса, определяющего структуру биоценоза. Построенная по доминантам и эдификаторам таксономическая система сообществ может быть выражена следующим рядом: ассоциация – группа ассоциаций формация группа формаций класс формаций тип биома – биоценотический покров.

Самой низшей таксономической категорией является ассоциация. Она представляет собой совокупность однородных микробиоценозов с одинаковыми структурой, видовым составом и сходными отношениями, как между организмами, так и между ними и средой. В полевых условиях основными признаками ее выделения служат: одно и то же ярусное сложение, сходная мозаика (пятнистая, рассеянная), совпадение доминант и эдификаторов, а также относительная однородность местообитания. Название ассоциации для многоярусных сообществ состоит из родовых названий доминанты господствующего яруса (кондоминанты) и эдификаторов в каждом ярусе, например сосняк можжевельниково-мшистый, ельник березово-черничный и т. д. Наименование сложных луговых ассоциаций образуется перечислением доминант и субдоминант, причем доминанта называется последней, например едколютично-лугово-мятликовая ассоциация. Обычно луговые ассоциации обозначаются на латинском языке: Ranunculus + Poa pratensis.

Группу биоценотических ассоциаций образуют ассоциации, различающиеся составом одного из ярусов. Сосняк черничный, например, объединяет ассоциации с ярусом подлеска из можжевельника, крушины и подроста березы. Группа злаково-мелкоосоково-разнотравных ассоциаций включает луговые

сообщества с набором названных групп луговых трав (злаки, мелкие осоки, разнотравье).

В биоценотическую формацию входят группы ассоциаций. Формацию выделяют по доминанте, по которой она и называется: формация сосны обыкновенной, ольхи черной, дуба черешчатого, саксаула белого, лютика едкого, полыни горькой и т. д. Это основная единица среднего ранга, широко используемая при картографировании лесной растительности.

Группа формаций – это все формации, доминанты которых принадлежат к одной и той же жизненной форме. Поскольку жизненные формы растений чрезвычайно разнообразны, объем групп формаций неоднороден: темнохвойные, светлохвойные, листопадные, вечнозеленые, мелколиственные и широколиственные леса; крупнозлаковые, мелкозлаковые, низкозлаковые, мелкоразнотравные и другие группы луговых формаций.

Класс формаций образуется всеми группами формаций, доминанты которых имеют экологически близкие жизненные формы, например хвойные леса (с игольчатой пластинкой), лиственные леса и т.д.

Тип биома (биоценотический тип) объединяет классы формаций. Типами биома являются тундра, лесотундра, тайга, луга, степи, пустыни, прерии, влажные тропические леса и т.д.

Биоценотический покров представляет собой высшую таксономическую единицу, включающую все типы биомов суши.

В ботанико-географической литературе встречаются и другие классификации фитоценозов. Для водной среды, в которой роль растительности ограничена, выделение таксономических категорий биоценозов основывается на животном населении.

Каждый биогеоценоз имеет свойственную ему пространственную структуру, которая в вертикальном направлении выражается в ярусности, а в горизонтальном в синузиях. Непрекращающиеся взаимодействия и взаимоизменения компонентов биогеоценоза (атмосферы, почвы и горной породы, воды, животного и растительного мира и микроорганизмов) обусловливают его непрерывное развитие, что приводит к смене одних биогеоценозов другими – к сукцессиям. В конечном итоге разрушение одних сообществ и созидание новых определяет непрерывное развитие биогеоценотического покрова Земли. Со временем непрерывное изменение отдельного биогеоценоза замедляется, так как

ослабевает процесс вселения новых организмов и наступает климаксовая стадия.

Саморазвитие биогеоценоза, определяемое внутренними (эндогенными) процессами, нарушается внешними (экзогенными) воздействиями, в результате чего возникают новые сукцессионные ряды. К числу важнейших экзогенных факторов относится деятельность человека, но сам человек не входит в число компонентов биогеоценоза.

Биогеоценозы представляют собой элементарные ячейки биогеосферы (биогеоценотического покрова) – оболочки Земли, в которой сконцентрировано живое вещество планеты. Биогеосфера является единственной оболочкой Земли, в которой возможны постоянное нахождение и нормальная всесторонняя деятельность человека.

Контрольные вопросы

1. Расшифровать понятие «сообщество».
2. Важнейшие признаки сообщества.
3. Классификация сообществ по классам.
4. Раскрыть понятия «открытое» и «закрытое» сообщество.
5. Охарактеризовать особенности классификации сообществ.

ЗАНЯТИЕ №7
Популяционная генетика и эволюция

Цель занятия: изучить генетическую структуру популяции.

Задание 1. Эволюционные процессы в популяции.
Задание 2. Генетическая структура популяции.

Эволюционные процессы в популяции

Живые организмы отличаются от неживой природы присущими им свойствами. К характерным свойствам живых организмов относятся: единство химического состава, обмен веществ и энергии, сходство уровней организации. Для живых организмов характерными показателями являются также процессы размножения, уровень наследственности, изменчивость, показатели роста и

развития, способность к раздражимости, дискретности, саморегуляции, ритмичности и др.

Эволюционные процессы в популяциях

Эволюционное изменение – это явление, относящееся к популяциям и системам популяций. В своей простейшей форме эволюция осуществляется в пределах локальных воспроизводящихся популяций. Эволюционные изменения представляют из себя ни что иное как процессы микроэволюции. Локальную воспроизводящуюся популяцию можно рассматривать как плацдарм для микроэволюции.

Популяция – это достаточно многочисленная совокупность особей определённого вида, в течение большого числа поколений населяющая определённое пространство (внутри которого нет установившихся изоляционных барьеров) и отделенная от таких же совокупностей особей данного вида той или иной степенью давления тех или иных форм изоляции. Это определение приложимо только к двуполым скрещивающимся формам. Популяцией у организмов, размножающихся бесполым путем или путем облигатного партеногенеза или самооплодотворения, нужно считать группу особей клона или чистой линии (или смеси клонов и чистых линий), занимающих определённый ареал и отделенную от таких же совокупностей особей пространством с меньшей численностью или отсутствием особей данного вида». Такое определение соответствует широкому кругу реально существующих популяций.

Целесообразно представлять себе популяции и популяционные системы в виде иерархии – от случайно скрещивающейся группы особей до вида. Скрещивающаяся популяция – это популяционная единица, имеющая некую локальную протяженность в этой непрерывной иерархии.

Структура популяции

Скрещивающаяся популяция представляет собой репродуктивную единицу. У организмов с половым размножением – это сообщество особей, связанных между собой узами скрещивания и взаимоотношениями родители – потомки. У организмов с бесполым размножением сохраняются связи родители – потомки, но перекрестные связи между особями, обусловленные скрещиванием, сильно ослаблены; не следует, однако, полностью исключать

наличие у бесполых организмов таких связей, поскольку у многих организмов, которые обычно размножаются бесполым путем, существуют те или иные парасексуальные способы размножения или же время от времени происходит возврат к половому размножению. Популяция, как правило, представляет собой свободно скрещивающуюся группу, независимо от того, происходит ли скрещивание регулярно или эпизодически, и во всех случаях это некая репродуктивная единица. Популяция представляет собой также экологическую единицу. Составляющие её особи генотипически сходны по своей экологической толерантности, занимают определённую область в той или иной экологической нише или местообитании и предъявляют сходные требования к условиям среды.

Реально существующие популяции очень разнообразны по величине и форме. Структура популяции слагается из четырёх главных компонент: величины популяции, пространственной конфигурации, системы размножения и скорости расселения.

Величина популяции, т. е. число половозрелых размножающихся особей в каждом поколении (N), может колебаться от нескольких единиц до многих миллионов. Что же касается пространственного распределения популяции, то можно выделить три основные категории:

1) большие непрерывные популяции;

2) мелкие изолированные колониальные популяции (или популяции, соответствующие островному типу);

3) линейные популяции.

Кроме того, существуют разнообразные варианты, промежуточные между этими трёмя основными типами.

Примером больших непрерывных популяций служат популяции злаков, растущих на равнинах и покрывающих площади шириной в десятки или сотни километров. Организмы с колониальной популяционной системой образуют ряд разбросанных, разобщённых и нередко мелких популяций. Примерами могут служить наземные животные, обитающие на архипелагах; пресноводные формы, населяющие цепь озер, обитатели горных вершин в горной местности и организмы, ограниченные определённым типом почвы или горной породы с пятнистым распределением. Линейные популяции возникают вдоль рек, на побережьях морей и в аналогичных местообитаниях, обладающих большой протяженностью и

более или менее непрерывных в одном измерении, но коротких и ограниченных в другом.

Часто встречаются и различные промежуточные состояния. Большая популяция может быть непрерывной в одних частях занимаемой ею области, но прерывистой или полунепрерывистой в других. Подобным же образом колонии, населяющие систему островов, могут быть изолированы лишь частично, а не полностью.

Что же касается систем размножения, то их диапазон очень широк – от свободного неродственного скрещивания до самооплодотворения. Часто встречаются такие промежуточные типы, как свободное скрещивание между близкими соседями; инбридинг, осуществляемый иными способами, нежели самооплодотворение (например, скрещивание между сибсами у животных); сочетание неродственного скрещивания с самоопылением, как у гермафродитных, но самосовместимых цветковых растений.

Варианты пространственного распространения и систем размножения встречаются во всевозможных сочетаниях, создавая в результате чрезвычайно разнообразные структуры популяций. Так, большая непрерывная популяция может состоять из свободно скрещивающихся особей, как у многих опыляемых ветром травянистых растений равнин, но она может также состоять из особей с ограниченной свободой скрещивания или из инбредных особей. Подобно этому небольшая изолированная колония может состоять или из свободно скрещивающихся или из инбредных особей. Структура популяции оказывает влияние на характер её изменчивости.

Генетическая структура популяции

Известно, что собаки одной породы обладают рядом породных признаков. Следовательно, имеется породный набор генов, свойственный всем особям этой породы. Наконец, существуют гены, определяющие индивидуальные различия между особями одной внутрипородной группы или типа от другой. Вся сумма генов, характеризующая породные, типичные и индивидуальные признаки породы, способная к образованию различных генных комбинаций, составляет **генофонд** породы и является основой племенной работы. Специалисты, занимающиеся генетикой популяций, в отличие от тех, кто занимается генетикой отдельных особей, изучают состояние и изменения всего генофонда пород.

В первую очередь они обращают внимание не на простые качественные выражения тех или иных признаков единичной особи, а на их количественное распределение между генами популяции. Собаки одной породы, разводимые в разных странах, как правило, заметно отличаются друг от друга. Поэтому при обсуждении задач конкретного разведения приходится говорить не о генетике породы в целом, а о генетике популяции и считаться с тем, что статистическая обработка данных из-за недостаточной численности не всегда точна.

Популяционная генетика – раздел генетики, изучающий генофонд популяций и его изменение в пространстве и во времени.

Особям, составляющим популяцию, присуща генетическая гетерогенность (в пределах единого генофонда популяции), определяющая приспособленность популяции к различным условиям среды обитания и создающая резерв наследственной изменчивости. Вследствие генетической и морфофизиологической неравноценности особей, неоднородности окружающей среды популяция имеет сложную структуру: особи различаются по полу, возрасту, принадлежности к разным, обычно перекрещивающимся поколениям, к разным фазам жизненного цикла, к тем или иным малоустойчивым группировкам внутри популяции (генеалогические группы, питомники, линии и семьи).

Изменчивость – разнообразие признаков и свойств у особей и групп особей любой степени родства, присуща всем живым организмам, поэтому в природе отсутствуют животные, идентичные по всем признакам и свойствам. Различают наследственную (генотипическую) и ненаследственную (паратипическую), индивидуальную и групповую, адаптивную (приспособительную) и неадаптивную изменчивость.

Наследственная изменчивость обусловлена возникновением разных типов мутаций и их комбинаций в последующих скрещиваниях. В индивидуальном развитии организма проявление наследственных признаков и свойств определяется не только основными, ответственными за данные признаки и свойства генами, но и их взаимодействием со многими другими генами, составляющими генотип животного, а также условиями внешней среды, в которой протекает развитие организма.

В понятие *ненаследственной изменчивости* входят те изменения признаков и свойств, которые у животного или группы

животных вызываются воздействием внешних факторов (питание, температура, свет, влажность и т. д.). Такие ненаследственные признаки (модификации) в их конкретном проявлении у каждой особи не передаются по наследству, они развиваются у особей последующих поколений лишь при наличии условий, в которых они возникли.

Групповая изменчивость включает различия между небольшими группами особей в пределах породы (между различными питомниками, породными группами и т.д.), иногда различия между группами особей в пределах вида не связаны с различиями их генотипического состава, а обусловливаются модификационной изменчивостью (различными реакциями сходных генотипов на разные внешние условия).

Таким образом, и групповая, и индивидуальная изменчивость включают изменения как наследственной, так и ненаследственной природы.

Факторами, определяющими изменения частот отдельных генов и генотипов в популяциях, являются мутационный процесс, характер внутрипопуляционных скрещиваний (инбридинг, разведение по линиям) и межпопуляционные миграции (ввоз животных, выездные вязки).

Мутации (от лат. mutatio – изменение, перемена) – внезапно возникающие естественные (спонтанные) или вызываемые искусственно (индуцированные) стойкие изменения наследственных структур живой материи, ответственных за хранение и передачу генетической информации. Способность давать мутации – мутировать – универсальное свойство всех форм жизни от вирусов и микроорганизмов до высших растений, животных и человека; оно лежит в основе наследственной изменчивости в живой природе.

В 1906-1970-х гг., благодаря работам Н. В. Тимофеева-Рессовского и его сотрудников формируется синтетический подход к определению популяции как эколого-генетической системы.

Рассмотрим три основных подхода к определению понятия «популяция»: экологический, генетический и синтетический.

Экологический подход

С точки зрения экологии, популяцией является совокупность особей одного вида в пределах одного биоценоза (фитоценоза), то есть целостная внутривидовая группировка, которой соответствует

минимальная реализованная экологическая ниша. Такую группу особей иначе называют экологической, или локальной популяцией, а также (для растений) ценотической популяцией, или просто ценопопуляцией.

Генетический подход

С точки зрения генетики, популяция – это генетическая система, обладающая исторически сложившейся генетической структурой. Основные положения популяционной генетики сложились на основании изучения природных и модельных популяций высших раздельнополых животных (моллюсков, насекомых, позвоночных), которые воспроизводят себя с помощью нормального полового размножения – амфимиксиса, или объединения женских и мужских гамет. В таких случаях группировка особей, способных скрещиваться между собой и производить полноценное (т.е. жизнеспособное и плодовитое) потомство, называется **генетической, или менделевской популяцией**. В свою очередь, потомки, достигшие половозрелости, также должны скрещиваться между собой и производить полноценное потомство, то есть популяция должна существовать длительное число поколений.

Таким образом, с точки зрения генетики, популяция представляет собой множество особей, объединенных достаточно высокой степенью родства.

В рамках генетического подхода выделяется представление об идеальной популяции.

Идеальная популяция – это абстрактное понятие, которое широко используется в моделировании микроэволюционных процессов. При описании систем скрещивания в идеальной популяции широко используется понятие *панмиксии* – случайного свободного скрещивания, при котором вероятность встречи гамет не зависит ни от генотипа, ни от возраста скрещивающихся особей. Если исключить половой отбор, то к панмиктической популяции применима *концепция гаметного резервуара*, согласно которой в популяции в период размножения формируется гаметный резервуар (*генный пул*), включающий *банк женских гамет* и *банк мужских гамет*. Если члены популяции равноудалены друг от друга, то встреча гамет и формирование зигот происходят случайным образом. (Подробнее понятие идеальной популяции будет рассмотрено ниже.)

Реальные популяции в большей или меньшей степени отличаются от идеальной. Одним из наиболее существенных отличий является множество способов воспроизведения. По ***способу воспроизведения*** различают следующие типы популяций:

- *амфимиктические* – основным способом размножения является нормальное половое воспроизведение;

- *амфимиктические панмиктические* – при формировании брачных пар наблюдается *панмиксия* (свободное скрещивание);

- *амфимиктические инбредные* – при формирование брачных пар наблюдается близкородственное скрещивание (инбридинг, инцухт, инцест); крайним случаем близкородственного скрещивания является самооплодотворение;

- *апомиктические* – наблюдаются различные отклонения от нормального полового процесса, например, апомиксис, партеногенез, гиногенез, андрогенез; наблюдается у *агамных* (бесполых) форм;

- *клональные* – при отсутствии полового процесса и размножении только вегетативным путем или с помощью спор бесполого размножения (например, конидий); частным случаем клонирования является *полиэмбриония* – развитие нескольких зародышей из одной зиготы:

- *комбинированные* – например, клонально-амфимиктические при метагенезе у кишечнополостных (чередовании бесполого и полового размножения) и гетерогонии (чередовании партеногенетического и амфимиктического поколений у червей, некоторых членистоногих и низших хордовых).

Генетическая структура популяций

Каждая популяция обладает собственной генетической структурой. Генетическая структура популяций определяется исходным соотношением аллелей, естественным отбором и элементарными эволюционными факторами (мутационный процесс и давление мутаций, изоляция, популяционные волны, генетико-автоматические процессы, эффект основателя, миграции и др.). Для описания генетической структуры популяций используются понятия «аллелофонд» и «генофонд».

Аллелофонд популяции – это совокупность аллелей в популяции.

Термин *генофонд* употребляется в разных значениях. Основоположник учения о генофонде и геногеографии Александр Сергеевич Серебровский называл генофондом – совокупность всех генов данного вида.

В ряде случаев (например, в случае полного доминирования) при описании структуры генофонда природных популяций приходится допустить, что они обладают чертами *идеальных популяций* (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика идеальных и природных популяций

Идеальная популяция	*Реальная (природная) популяция*
1. Численность популяции бесконечно большая, и случайная *элиминация* (гибель) части особей не влияет на структуру популяции	1. Популяция состоит из конечного числа особей
2. Отсутствует половая дифференцировка, женские и мужские гаметы равноценны (например, при гомоталличной изогамии у водорослей)	2. Существуют различные типы половой дифференцировки, различные способы воспроизведения и различные системы скрещивания
3. Наличие панмиксии – свободного скрещивания; существование гаметного резервуара; равновероятность встречи гамет и образования зигот независимо от генотипа и возраста родителей	3. Существует избирательность при образовании брачных пар, при встрече гамет и образования зигот
4. В популяции отсутствуют мутации	4. Мутации происходят всегда
5. В популяции отсутствует естественный отбор	5. Всегда существует дифференциальное воспроизведение генотипов, включающее дифференциальное выживание и дифференциальный успех в размножении
6. Популяция изолирована от других популяций этого вида	6. Существуют миграции – поток генов

Фактором, характеризующим генетическое состояние популяции, является частота несущих определенные признаки генов в ее генофонде. В зависимости от частот отдельных генов в популяции складывается соотношение генотипов и фенотипов.

Генетические параметры популяции

При описании популяций или их сравнении между собой используют целый ряд генетических характеристик:

1) *Полиморфизм.* Популяция называется полиморфной по данному локусу, если в ней встречается два или большее число аллелей. Если локус представлен единственным аллелем, говорят о мономорфизме. Исследуя много локусов, можно определить среди них долю полиморфных, т.е. оценить *степень* полиморфизма, которая является показателем генетического разнообразия популяции.

2) *Гетерозиготность.* Важной генетической характеристикой популяции является гетерозиготность – частота гетерозиготных особей в популяции. Она отражает также генетическое разнообразие.

3) *Коэффициент инбридинга.* С помощью этого коэффициента оценивают распространенность близкородственных скрещиваний в популяции.

4) *Ассоциация генов.* Частоты аллелей разных генов могут зависеть друг от друга, что характеризуется коэффициентами ассоциации.

5) *Генетические расстояния.* Разные популяции отличаются друг от друга по частоте аллелей. Для количественной оценки этих различий предложены показатели, называемые генетическими расстояниями.

Контрольные вопросы

1. Эволюционные изменения в популяции.
2. Раскрыть структуру популяции.
3. Категории пространственного распределения популяции.
4. Основные подходы к определению понятия «популяция».
5. Особенности генетической структуры популяции.
6. Охарактеризовать идеальную и природную популяции.
7. Генетические параметры популяции.

ЗАНЯТИЕ №8
Экология сообществ (синэкология)

Цель занятия: изучить основные понятия в синэкологии; биотические связи и межвидовые отношения в биоценозах.

Задание 1. Основные понятия синэкологии.

Задание 2. Биотические связи и межвидовые отношения в биоценозах.

Основные понятия синэкологии

Синэкология является разделом экологии, в которой изучают взаимоотношения организмов различных видов внутри сообщества организмов. Часто синэкологию рассматривают как науку о жизни биоценозов, то есть многовидовых сообществ животных, растений и микроорганизмов.

Синэкология (от греч. syn – вместе) – раздел экологии, изучающий ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов (биоценозы), пути их формирования и их взаимодействие с окружающей средой. В отдельное научное направление синэкология выделена на Международном ботаническом конгрессе 1910 г. Термин «синэкология» предложил швейцарский ботаник К. Шретер (1902 г.).

Основные понятия синэкологии

В природе популяции разных видов объединяются в макросистемы более высокого ранга – так называемые сообщества, или биоценозы. ***Биоценоз*** (от греч bios – жизнь, koinos – общий) – это совокупность популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды. Понятие «биоценоз» было предложено в 1877 г. немецким зоологом К. Мебиусом (1825-1908).

В 1935 г. А. Тенсли предложил понятие «*экосистема*» для любой совокупности организмов и неорганических компонентов, в которой может поддерживаться круговорот вещества. Он считал экосистемы «основными природными единицами на поверхности Земли», в которые входит «не только комплекс организмов, но и весь комплекс физических факторов, образующих среду». Таким образом, экосистема – это любая совокупность

взаимодействующих живых организмов и условий среды, функционирующая как единое целое за счет обмена веществом, энергией и информацией.

Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом организмов (биоценозом), называется *биотопом* (от греч. «topos» – место). Если определить биотоп как место существования биоценоза, то биоценоз можно рассматривать как исторически сложившийся комплекс организмов, характерный для данного, конкретного биотопа. Любой биоценоз образует с биотопом целостность, единство, биологическую систему еще более высокого ранга – биогеоценоз. Термин «биогеоценоз» предложил в 1940 г. В. Н. Сукачев.

По определению В. Н. Сукачева (1880-1967) *биогеоценоз* – это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою, особую специфику взаимодействий этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутренне противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии. Владимир Николаевич Сукачев – известный ботаник, лесовод и географ. Основные работы посвящены изучению растительности различных районов страны.

Организм получает из окружающей среды информацию в виде определенных сигналов, имеющих материальную природу, и соответственно реагирует на них. *Информация* – это обозначение содержания (сигналов), полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления наших чувств.

Экосистема представляет собой любое непрерывно меняющееся единство, включающее все организмы на данном участке и взаимодействующее с окружающей средой таким образом, что поток вещества и энергии создает определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ внутри системы.

Важным свойством организмов, их популяций и экосистем в целом является их способность к созданию (продуцированию) органического вещества, которое называют *продукцией*. Все живое вещество, которое содержится в экосистеме или ее элементах вне

зависимости от того, за какой период оно образовалось и накопилось, называется биомассой. Обычно биомасса и продукция выражаются через абсолютно сухой вес. Это важный параметр, так как им определяется общий поток энергии через биотический компонент экосистемы, а значит, и количество (биомасса) живых организмов, которые могут существовать в экосистеме. Как вам известно, из 100% солнечной энергии лишь приблизительно 1% поглощается хлорофиллом и используется для синтеза органических молекул (остальные 99% солнечной энергии отражаются, поглощаются с переходом в тепло или расходуются на испарение воды).

Скорость создания органического вещества в экосистемах называется *биологической продуктивностью*. Продуктивность выражается количеством биомассы, синтезируемой за единицу времени (час, сутки, год) на единице площади (квадратный метр, гектар) или в единице объема (для водных экосистем: литр, кубический метр). Продуктивность может быть выражена энергетическим эквивалентом биомассы. Общая сумма биомассы, созданной автотрофами, определяется как валовая первичная продукция (ВПП). Примерно 20% энергии, заключенной в ней, расходуется растениями на «дыхание».

В результате взаимодействия в пищевых цепях при переносе энергии каждое сообщество приобретает определенную *трофическую структуру*. В общем случае трофическую структуру можно определить количеством энергии, фиксируемой на единицу площади в единицу времени на последовательных трофических уровнях, и изобразить графически в виде экологических пирамид, основанием которых служит первый уровень (уровень продуцентов), а последующие уровни образуют этажи и вершину пирамиды. Данное явление было изучено Ч. Элтоном в 1927 г.

Биотические связи и межвидовые отношения в биоценозах

Биотические связи: межвидовые связи организмов, которые населяют один и тот же биотоп, определяют основные условия жизни в сообществе, возможности добывания пищи и т.д. Согласно классификации В. И. Беклемишева, прямые и косвенные межвидовые отношения подразделяются на 4 типа: трофические, топические, форические и фабрические.

Трофические связи

Трофические связи возникают в том случае, когда один вид питается другим. В данном случае первый вид может питаться как живыми особями, так и мертвыми остатками или продуктами жизнедеятельности второго вида. Здесь возможна как прямая трофическая связь (пчела – нектар), так и косвенная (например, при конкуренции деятельность одного вида, так или иначе, отражается на качестве и количестве питания другого).

Топические связи отражают любое (физическое или химическое) изменение условий обитания одного вида вследствие жизнедеятельности другого. Такие связи довольно разнообразны. Фактически они заключаются в создании среды обитания для другого вида. При этом особенно большая роль в созидании или изменении среды для других организмов принадлежит растениям. Центральный организм такого сообщества – обычно растение, но иногда и животное – дает приют большому количеству организмов, непосредственно или косвенно с ним связанных.

Форические связи проявляются в том, что один вид участвует в распространении другого. В роли переносчиков выступают в основном животные. Транспортирование животными более мелких особей называется *форезией*, а перенос ими семян, спор, пыльцы растений – *зоохорией*. Перенос может осуществляться с помощью специальных и разнообразных приспособлений. Форезия распространена среди мелких членистоногих. Она представляет собой один из способов пассивного расселения и свойственна видам, для которых перенос из одного биотопа в другой жизненно необходим для дальнейшего существования вида. Например, многие насекомые, личинки которых раз-виваются в трупах, помете животных или в гниющих растениях, несут на себе мелких клещей, переселяющихся таким способом в другие места.

Фабрические связи относятся к такому типу отношений, в которые вступает вид, использующий для своих сооружений (фабрикаций) продукты выделения, либо мертвые остатки, либо живых особей другого вида. Хорошим примером в данном случае являются многие виды птиц, которые для постройки гнезд используют самый различный материал (шерсть животных, кору и ветки растений и т.д.). В полевых исследованиях экологии насекомых различают специально создаваемые сооружения и результаты питания в субстрате, например, ходы в древесине или внутри

минированного листа. В последних случаях оказываются объединенными фабрические, трофические и топические связи. Строительный материал иногда специально перерабатывается, как при построении осами из пережеванной древесины бумажного гнезда, а иногда скрепляется кусочками, например, в чехликах ручейников или молей.

Межвидовые отношения

Наиболее употребительна упрощенная и жесткая классификация форм взаимоотношений между видами. В общей форме говорят о межвидовых отношениях типа *антибиоза, нейтрализма* и *симбиоза*.

Антибиоз (от греч. «anti» – против) – крайнее выражение конкурентных отношений, при которых какой-либо вид полностью препятствует возможности поселения особей других видов в пределах определенной зоны влияния. Он поддерживается главным образом химическим воздействием на потенциальных конкурентов и в наиболее полном виде свойственен ряду грибов и прокариот. Примером являются цианобактерии, которые выделяют много токсичных веществ в воду, тем самым, подавляя развитие других одноклеточных организмов. Эта форма взаимодействий наиболее развита в мире прокариот. У микроорганизмов существует активная форма антибиоза – *антагонизм* (от греч. «antagonisma» – борьба). Она проявляется в том случае, когда один вид задерживает или полностью подавляет развитие другого. Если один вид образует метаболиты, подавляющие развитие другого вида, не получая вреда, ни пользы, говорят об *аменсализме* (от лат. «amens» – безрассудный).

Существуют следующие основные типы взаимоотношений между особями:

1) аллелопатия (от греч. «allelon» – взаимно и «pathos» – страдание, испытываемое воздействие);

2) конкуренция;

3) хищничество;

4) мутуализм (от лат. «mutuus» – взаимный) – это форма симбиоза, при которой два различных организма возлагают друг на друга регуляцию своих отношений с внешней средой. При этом отношения между партнерами характеризуются взаимовыгодностью и ни один из них не может существовать без другого (иногда

такой тип взаимодействия обозначают как облигатный симбиоз в его узком понимании);

5) протокооперация – когда пользу получают оба участника, однако их сотрудничество не является абсолютно необходимым и они могут существовать друг без друга;

6) комменсализм (от лат. «com» – с, вместе и «mensa» – стол, трапеза) – форма симбиоза, при котором один из партнеров (комменсал) возлагает на другого (хозяина) регуляцию своих отношений с внешней средой, но не вступает с ним в тесные отношения;

7) паразитизм;

8) взаимоотношения растений и животных.

Контрольные вопросы

1. Раскрыть понятие «синэкология».
2. Охарактеризовать основные понятия, включающиеся в синэкологию.
3. Охарактеризовать биотические связи между особями.
4. Раскрыть межвидовые отношения в биоценозах.
5. Основные типы взаимоотношений между особями.

Рекомендуемая литература

1. Галковская, Г. А. Популяционная экология. – [Текст]. Издательство: «Издательство Гривцова» , 2009. – 232 с.

2. Горелов, А. А. Экология. Учебник. – [Текст]. М. Издательство «Академия», 2009. – 399 с.

3. Ручин, А. Б. Экология популяций и сообществ. – [Текст]. Издательство: «Академия», 2006. – 352 с.

4. Покаржевский, А. Д. Пространственная экология почвенных животных / А. Д. Покаржевский, К. Б. Гонгальский, А. С. Зайцев, Ф. А. Савин / – [Текст]. Издательство: «КМК», 2007. – 176 с.

5. Формозов, А. Н. Проблемы экологии и географии животных. – [Текст]. Издательство: «ЛКИ», 2010. – 354 с.

Оглавление

Предисловие……..…….3

Занятие №1
Популяционная структура вида…….....4

Занятие №2
Введение в экологию популяций……10

Занятие №3
Биологическая структура популяции…….....15

Занятие №4
Динамика популяции……...…....31

Занятие №5
Регуляция численности популяций в биоценозах……..…47

Занятие №6
Типы и классификация сообществ…….....64

Занятие №7
Популяционная генетика и эволюция……..72

Занятие №8
Экология сообществ (синэкология)…..……..……82

Рекомендуемая литература…….……..…….....88

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Иммунология

Методические указания
для выполнения практических занятий

для студентов 4 курса очного отделения, обучающихся
по направлению подготовки 06.03.01 «Биология»

Кинель
РИЦ СГСХА
2014

УДК 636:575 (07)
ББК 48.47. Р
П-30

Петряков, В. В.
П-30 Иммунология : методические указания. Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 89 с.

Методические указания содержат описание специфических и неспецифических факторов защиты организма, характеристик иммунной системы, а также основных форм и видов иммунитета организма.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014
© Петряков В.В., 2014

Предисловие

В борьбе за сохранение внутреннего постоянства организма иммунная система ведет борьбу в двух направлениях. Одно направление – *внешнее* – многочисленные и разнообразные инфекции и другие воздействия, например радиация. Другое направление – *внутреннее* – постоянно возникающие в многоклеточных организмах клетки-мутанты, потенциально способные к формированию опухолевого процесса. Вследствие непрерывно идущего мутагенеза в организме постоянно возникают злокачественно трансформированные клетки, способные дать начало опухоли. Отсутствие системы, которая распознавала и уничтожала бы такие клетки, быстро привело бы к гибели многоклеточного организма. То есть сам факт появления и сохранения в процессе эволюции многоклеточных организмов теснейшим образом связан с наличием и совершенствованием иммунных механизмов.

Изучение иммунологии в подготовке специалиста состоит в получении теоретических, методологических и практических основ иммунологии для ветеринарных врачей, способствуя решению ветеринарных вопросов, связанных с созданием и совершенствованием вакцин, сывороток, диагностикумов, а также осуществление мер по профилактике большого числа инфекционных болезней у человека и животных.

Необходимость в исчерпывающей информации об иммунологических особенностях организма вызвана потребностью в разработке принципиально новых, нетрадиционных подходов к решению вопросов иммунодефицитных состояний организма животных.

Использование иммунологического контроля, или мониторинга, в клинической практике основано на тестировании реакций организма на чужеродные молекулы и соединения различного происхождения. Наиболее актуальна для ветеринарных специалистов инфекционная иммунология, связанная с изучением реагирования организма на микробные антигены. Поэтому при рассмотрении вопросов иммунологии животных необходимо дифференцированно учитывать системы противомикробной защиты организма.

Цель издания методических указаний заключается в получении студентами необходимой информации в области

иммунологии, для лучшего усвоения материала и приобретения навыков самостоятельной работы.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций (в соответствии с ФГОС ВПО и требованиями к результатам освоения ООП):

- владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;
- осознание социальной значимости своей будущей профессии, обладание высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности;
- способность осуществлять сбор, анализ и интерпретацию материалов в области животноводства;
- способность к обоснованию принятия конкретных технологических решений с учетом особенностей биологии животных;
- готовность к участию в проведении научных исследований, обработке и анализу результатов исследований.

Практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в иммунологические процессы и явления. Для рассмотрения одной темы на каждое практическое занятие студентам отводится 2 часа.

ЗАНЯТИЕ №1

История развития иммунологии

***Цель занятия*:** изучить историю развития иммунологии, вклад учёных в её развитие; понятие иммунитета и его теории.

Иммунология как определенное направление исследований возникла из практической необходимости борьбы с инфекционными заболеваниями. Ее нередко делят на классическую (старую) и современную (новую). Это деление условное, так как новая иммунология выросла из классической, из той, которая изготовила прививки против оспы, бешенства, сибирской язвы и т.д.

Иммунология как определенное направление исследований возникла из практической необходимости борьбы с инфекционными заболеваниями. Как отдельное научное направление иммунология сформировалась лишь во второй половине XX века. Гораздо более продолжительна истории иммунологии как прикладного раздела инфекционной патологии и микробиологии. Многовековые наблюдения за заразными болезнями заложили фундамент современной иммунологии: несмотря на широкое распространение чумы (V век до н. э.), никто не заболевал дважды, по крайней мере, смертельно.

Иммунология – наука, изучающая структуру и функции систем, контролирующих клеточно-генетический гомеостаз организма человека. Основным предметом исследований в иммунологии является познание механизмов формирования специфического иммунного ответа организма ко всем чужеродным в антигенном отношении соединениям.

Рис. 1. Эдвард Дженнер

Имеются свидетельства тому, что первые прививки оспы проводили в Китае за тысячу лет до Рождества Христова. Инокуляция содержимого оспенных пустул здоровым людям с целью их защиты от острой формы заболевания распространилась затем в Индию, Малую Азию, Европу, на Кавказ.

На смену инокуляции пришел метод вакцинации (от лат. «vacca» – корова), разработан-

ный в конце XVIII в. английским врачом Э. Дженнером (1749-1823) (рис. 1). Он обратил внимание на тот факт, что молочницы, ухаживавшие за больными животными, иногда заболевали в крайне слабой форме оспой коров, но при этом никогда не болели натуральной оспой. Подобное наблюдение давало в руки исследователя реальную возможность борьбы с болезнью людей. В 1796 г., через 30 лет после начала своих изысканий Э. Дженнер решился опробовать метод вакцинации коровьей оспой. Эксперимент прошел успешно и с тех пор способ вакцинации по Э. Дженнеру нашел широкое применение во всем мире.

Зарождение инфекционной иммунологии связывают с именем выдающегося французского ученого Луи Пастера (1749-1823) (рис. 2). Первый шаг к целенаправленному поиску вакцинных препаратов, создающих устойчивый иммунитет к инфекции, был сделан после наблюдения Пастера над патогенностью возбудителя куриной холеры. Из этого наблюдения Пастер сделал вывод: состарившаяся культура, потеряв свою патогенность, остается способной к созданию устойчивости к инфекции. Это определило на многие десятилетия принцип создания вакцинного материала – тем или иным способом (для каждого возбудителя своим) добиваться снижения вирулентности патогена при сохранении его иммуногенных свойств.

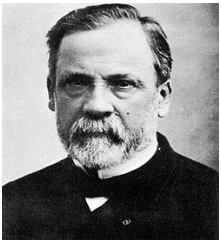


Рис. 2. Луи Пастер

Успешно применяя вакцину на практике, у Луи Пастера было наивное представление, будто введённые первый раз ослабленные микробы «выедают» что-то нужное именно этому виду микробов. Попадающим второй раз микробам «нечего есть» и они умирают – инфекция не развивается.

Хотя Пастер разработал принципы вакцинации и успешно применял их на практике, он не знал о факторах, включенных в процесс защиты от инфекции. Первыми, кто пролил свет на один из механизмов невосприимчивости к инфекции, были Эмиль фон Беринг и Китазато (рис. 3,4).

Они продемонстрировали, что сыворотка от мышей, предварительно иммунизированных столбнячным токсином, введенная интактным животным, защищает последних от смертельной дозы токсина. Образовавшийся в результате иммунизации сывороточ-

ный фактор – *антитоксин* – представлял собой первое обнаруженное специфическое антитело.

Рис. 3. Эмиль фон Беринг

Рис. 4. Китазато

Работы этих ученых положили начало изучению механизмов гуморального иммунитета.

У истоков познания вопросов клеточного иммунитета стоял Илья Ильич Мечников (1845-1916) – русско-французский биолог (зоолог, иммунолог, эмбриолог, физиолог и патолог) (рис. 5). В 1883 г. он сделал первое сообщение по фагоцитарной теории иммунитета на съезде врачей и естествоиспытателей в Одессе. Он утверждал о том, что у человека есть амебоидные подвижные клетки – макрофаги, нейтрофилы. «Едят» они пищу особого рода – патогенных микробов, функция которых заключается в борьбе с микробной агрессией.

Рис. 5. И. И. Мечников

И. И. Мечников является первооткрывателем фагоцитоза и внутриклеточного пищеварения, создатель сравнительной патологии воспаления, клеточной (фагоцитарной) теории иммунитета.

Параллельно с И. И. Мечниковым разрабатывал свою теорию иммунной защиты от инфекции немецкий врач-фармаколог, иммунолог, бактериолог, химик Пауль Эрлих (1854-1915) (рис. 6). Он знал о том факте, что в сыворотке крови животных, зараженных бактериями, появляются белковые вещества, способные убивать патогенные микроорганизмы. Эти веще-

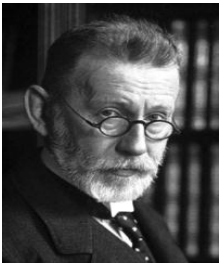


Рис. 6. Пауль Эрлих

ства впоследствии были названы им «антителами». Самое характерное свойство антител – это их ярко выраженная специфичность. Образовавшись как защитное средство против одного микроорганизма, они нейтрализуют и разрушают только его, оставаясь безразличными к другим.

Две теории – фагоцитарная (клеточная) и гуморальная в период своего возникновения стояли на антагонистических позициях. Школы Мечникова и Эрлиха боролись за научную истину, не подозревая, что каждый удар и каждое его парирование сближало противников. В 1908 г. обоим ученым одновременно была присуждена Нобелевская премия.

К концу 40-х – началу 50-х годов XX столетия завершается первый период развития иммунологии. Был создан целый арсенал вакцин против самого широкого набора инфекционных заболеваний. Эпидемии чумы, холеры, оспы перестали уничтожать сотни тысяч людей. Отдельные, спорадические вспышки этих заболеваний встречаются до сих пор, но это лишь очень локальные, не имеющие эпидемиологического, а тем более пандемического значения случаи.

Новый этап развития иммунологии связан в первую очередь с именем выдающегося австралийского ученого, вирусолога М. Ф. Бернета (1899-1985) (рис. 7). Рассматривая иммунитет как реакцию, направленную на дифференциацию всего «своего» от всего «чужого», он поднял вопрос о значении иммунных механизмов в поддержании генетической целостности организма в период индивидуального (онтогенетического) развития.

Рис. 7. Мак-Фарлейн Бернет

Именно Бернет обратил внимание на лимфоцит как основной участник специфического иммунного реагирования, дав ему название «иммуноцит». Кроме того, он указал на особую роль тимуса в формировании иммунного ответа.

Создатель клонально-селекционной теории иммунитета: один клон лимфоцитов способен реагировать только на одну кон-

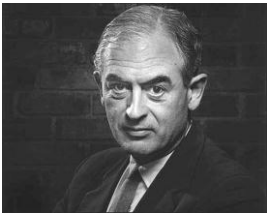


Рис. 8. П. Медавар

кретную, антигенную, специфическую детерминанту.

Именно Бернет предсказал, а английский биолог Питер Медавар (рис. 8) и чех Милан Гашек экспериментально подтвердили состояние, противоположное иммунной реактивности – толерантности. Именно Бернет указал на особую роль тимуса в формировании иммунного ответа.

Контрольные вопросы

1. История развития иммунологии.
2. Вклад учёных в развитие иммунологии.

ЗАНЯТИЕ №2

Факторы неспецифической защиты организма

***Цель занятия*:** изучить способы защиты организма, врождённые факторы неспецифической защиты и свойства антигенов.

Способы защиты организма

Иммунитет выступает как универсальная способность живых существ противостоять действию повреждающих агентов, сохраняя свою целостность и биологическую индивидуальность. Это защитная реакция, благодаря которой организм становится невосприимчивым к болезнетворным микроорганизмам (вирусам, бактериям, грибкам, простейшим, гельминтам) и продуктам их жизнедеятельности, а также тканям и веществам (например, ядам растительного и животного происхождения), обладающим чужеродными (антигенными) свойствами.

Существуют следующие способы защиты организма от чужеродного агента:

1. Органы иммунной системы, которые в свою очередь делятся на:

- *центральные*, к ним относятся: красный костный мозг и тимус;

- *периферические*, к ним относятся: селезенка, лимфатические узлы, лимфоидная ткань, ассоциированная со слизистыми оболочками.

В центральных органах (вилочковой железе и костном мозге) будущие защитники организма – так называемые ***иммунные клетки-предшественники*** созревают, превращаясь в зрелые (иммунокомпетентные) лимфоциты.

В периферических органах (селезенке, небных миндалинах, лимфатических узлах и их близких «родственниках» – лимфатических фолликулах пищеварительного и дыхательного тракта) лимфоциты проходят последние этапы целенаправленного развития, чтобы научиться нести «боевую службу» применительно к местным условиям.

2. Приобретенный и врожденный иммунитет

Как правило, иммунный ответ заключается, во-первых, в распознавании возбудителя или иного чужеродного материала, и, во-вторых, в развертывании цепи реакций, направленных на их устранение. Все разнообразные формы иммунного ответа можно разделить на два типа – врожденные и приобретенные реакции. Основное различие между этими двумя типами иммунореактивности состоит в том, что приобретенный иммунитет высокоспецифичен в отношении каждого конкретного возбудителя. Кроме того, повторная встреча с тем или иным патогенным микроорганизмом не приводит к изменениям врожденного иммунитета, но повышает уровень приобретенного: иммунная система как бы «запоминает» возбудителя, чтобы впоследствии предотвратить вызываемую им инфекцию. Две главные характеристики приобретенного иммунитета – *специфичность* и *иммунологическая память*.

Иммунный ответ осуществляют, прежде всего, лейкоциты, которые представлены несколькими разновидностями.

3. Фагоциты и врожденный иммунитет

Одну из важнейших групп лейкоцитов составляют *фагоцитирующие клетки*: моноциты, макрофаги и полиморфноядерные нейтрофилы. Они способны связывать микроорганизмы на своей поверхности, а затем поглощать и уничтожать их. Эта функция основана на простых, неспецифических механизмах распознавания, позволяющих связывать самые разнообразные микробные продукты, и относится к проявлениям врожденного иммунитета. Фагоциты образуют первую линию защиты против инфекции.

4. Лимфоциты и приобретенный иммунитет

Другая важнейшая группа лейкоцитов – это лимфоциты. Им принадлежит ведущая роль во всех реакциях приобретенного им-

мунитета, поскольку они специфически распознают конкретный возбудитель, где бы он не находился, внутри или вне клеток, в тканевой жидкости или в крови (рис. 9). Существуют различные типы лимфоцитов, но основных популяций две: *Т-лимфоциты* и *В-лимфоциты*. Последние противодействуют внеклеточным возбудителям и влиянию их продуктов, образуя *антитела*, молекулы которых способны специфически распознавать и связывать определенные молекулы-мишени – *антигены*.

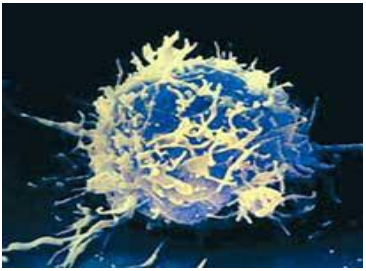


Рис. 9. Лимфоцит (электронная микрофотография)

Антигенами могут служить молекулы на поверхности клеток микроорганизмов либо образуемые ими токсины. Т-лимфоциты, точнее разные их популяции вместе, обладают широким набором активностей. Одни Т-клетки участвуют в регуляции дифференцировки В-лимфоцитов и образовании антител. Другие взаимодействуют с фагоцитами, помогая им в разрушении поглощенных микробных клеток. Третья группа Т-лимфоцитов распознает и разрушает клетки, инфицированные вирусами.

5. *Взаимодействие между лимфоцитами и фагоцитами*

Масштабы таких взаимодействий весьма значительны. Например, определенные типы фагоцитирующих клеток способны после захвата антигенов представлять их Т-лимфоцитам в форме, подходящей для распознавания. Этот процесс назван *представлением (презентацией) антигена***.** Распознав антиген, Т-лимфоциты в свою очередь выделяют растворимые факторы (цитокины), которые активируют фагоциты и вызывают разрушение ими поглощенных микробов. При взаимодействии другого характера фагоциты используют образуемые В-лимфоцитами антитела для собственного более эффективного распознавания возбудителей. В результате иммунный ответ на инфекцию чаще всего складывается из различных взаимосвязанных эффектов как врожденного, так и приобретенного иммунитета. На ранних стадиях инфекции доминируют механизмы врожденного иммунитета, но позднее лимфоциты начинают осуществлять специфический ответ, свойственный приобретенному иммунитету. При этом они «запоминают» возбудителя, и если впоследствии организм вновь подвергается зараже-

нию этим микробом, они «вспоминают» его и осуществляют более эффективный и быстрый иммунный ответ.

Какая из форм иммунного ответа будет эффективной, зависит в значительной мере от локализации инфекции и типа возбудителя. Наиболее существенно при этом – проникают микробы внутрь клеток организма-хозяина или нет. Для того чтобы ликвидировать внутриклеточную инфекцию (такую вызывают все вирусы, некоторые бактерии и ряд паразитических простейших) – иммунная система должна распознать и разрушить инфицированные клетки. В случае внеклеточного размножения инфицирующего агента в тканях, жидкостях или полостях организма – это характерно для многих бактерий и более крупных возбудителей – иммунный ответ совершенно иной. При развитии инфекции, однако, даже внутриклеточные возбудители, чтобы достичь соответствующих «клеток-мишеней», передвигаются с током крови и тканевой жидкости, и в это время они уязвимы для тех факторов иммунной системы, которые в основном рассчитаны для внеклеточных возбудителей.

Врождённые факторы неспецифической защиты организма

Под неспецифическим иммунитетом подразумевают систему предварительно существующих защитных факторов организма, присущих данному виду как наследственно обусловленное свойство. Так, собаки никогда не болеют чумой человека, а куры – сибирской язвой. Иммунитет, создаваемый анатомическими, физиологическими, клеточными и молекулярными факторами, которые являются естественными составляющими элементами организма, иначе называют *конституциональным*. Такие факторы защищают организм от разных экзогенных и эндогенных агрессий, они передаются наследственно, их защитные функции лишены избирательности, и они не способны сохранять память от первичного контакта с чужеродностью.

Условно факторы неспецифической защиты можно разбить на четыре типа: физические (анатомические); физиологические; клеточные, осуществляющие эндоцитоз или прямой лизис чужеродных клеток; гуморальные или молекулярные (факторы воспаления).

1. Физические (анатомические) барьеры

1.1. Кожа. Неповрежденная кожа представляет собой обычно непроницаемый барьер для микроорганизмов. Лишь при некото-

рых инфекционных болезнях, например, лептоспирозах, прямое проникновение возбудителя через неповрежденную кожу, возможно, является первичным путем заражения. Здоровая неповрежденная кожа обладает отчетливой бактерицидной активностью в отношении тех микроорганизмов, которые не являются представителями ее нормальной микрофлоры.

1.2. Слизистые оболочки. На уровне слизистых оболочек существует множество разных механизмов защиты внутренней среды организма, в том числе от проникновения в нее микроорганизмов (слизь, реснички мерцательного эпителия, лизоцим, пероксидазы, секреторные антитела, фагоцитирующие клетки, лимфоциты).

1.3. Нормальная микрофлора организма. Микроорганизмы, которые населяют кожу и слизистые оболочки, сообщающиеся с внешней средой, составляют нормальную микрофлору организма. Эти микроорганизмы способны противостоять действию патогенных микроорганизмов и губительно действовать на них, тем самым, участвуя в защите организма.

2. Физиологические барьеры. Этот тип защиты включает температуру тела, pH и напряженность кислорода в районе колонизации микроорганизмами, а также различные растворимые факторы, воспаление.

3. Клеточные факторы. К клеточным факторам неспецифической защиты относятся фагоцитирующие клетки и натуральные киллеры.

3.1. Фагоцитирующие клетки. Одним из мощных факторов резистентности является *фагоцитоз.* И. И. Мечников установил, что фагоцитарными свойствами обладают зернистые лейкоциты крови и лимфы, главным образом полиморфноядерные нейтрофилы (микрофаги – нейтрофилы, эозинофилы и базофилы) и по-другому обозначаются как полиморфноядерные лейкоциты, или гранулоциты, а также *моноциты* и различные *клетки ретикулоэндотелиальной системы*, которую он назвал макрофагами. В настоящее время под макрофагами понимают клетки, которые обладают высокой фагоцитарной активностью. Они различаются по форме и размерам, в зависимости от тканей, где они обнаруживаются.

По классификации Всемирной организации здравоохранения – (ВОЗ) все макрофаги объединены в *систему мононуклеарных фагоцитов* – (СМФ).

Фагоцитам присущи следующие функции:

1. Защитная: фагоцитозом уничтожаются чужеродные объекты, т.е. происходит очистка организма от инфекционных агентов, продуктов распада, отмирающих клеток, неметаболизируемых органических веществ.

2. Секреторная: взаимодействие объекта фагоцитоза с фагоцитом стимулирует бактерицидные системы последнего. К основным системам бактерицидности относят окислительную (O_2-зависимую) и неокислительные (ферментные). Окислительная бактерицидная система убивает микроб за счет прямого действия продуцируемых фагоцитом O_2, OH и H_2O_2 или галогенизацию. Из ферментных систем самым сильным бактериологическим потенциалом обладают лизоцим и катепсин.

Кроме того, фагоциты синтезируют и секретируют множество цитокинов – биологически активных веществ, необходимых для поддержания иммунного ответа организма на чужеродное вещество.

3. Представляющая: переработка антигена (процессинг) и представление его иммунокомпетентным клеткам, принимающим участие в формировании иммунного ответа.

4. Хемотаксис: продвижение фагоцита к объекту фагоцитоза, осуществляется с помощью псевдоподий.

5. Адгезия (прикрепление). На мембране фагоцитов размещены различные рецепторы для захвата микроорганизмов.

6. Эндоцитоз (поглощение). Принципы поглощения бактерий идентичны таковым у амеб: захваченные частицы погружаются в протоплазму и в результате образуется *фагосома* с заключенным внутри объектом.

7. Внутриклеточное переваривание: к фагосоме устремляются лизосомы, затем оболочки фагосомы и лизосомы сливаются и ферменты лизосом изливаются в фаголизосому. Фагоцитированные микроорганизмы подвергаются атаке комплекса различных микробоцидных факторов.

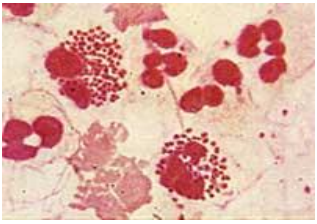


Рис. 10. Незавершённый фагоцитоз

8. Завершенность фагоцитарных реакций: микробоцидный потенциал фагоцитирующих клеток эффективен против большей части патогенных микроорганизмов (*завершенный фагоцитоз*), но некоторые возбудители рези-

стентны к его действию и способны длительно существовать внутри фагоцитов. Многие факультативные и облигатные внутриклеточные паразиты не только сохраняют жизнеспособность, но и способны размножаться внутри клеток. В этом случае фагоцитоз остается *незавершенным* (рис. 10).

3.2. Натуральные киллеры. Натуральные киллеры (НК или NK) или естественные киллеры (ЕК) представляют собой популяцию лимфоидных клеток, лишенных признаков Т- и В-лимфоцитов. Их участие в неспецифическом иммунном ответе состоит в способности оказывать *прямое цитотоксическое действие* на злокачественно-трансформированные и вирусинфицированные клетки, а также клетки, поглотившие некоторые внутриклеточные бактериальные патогены (рис. 11).

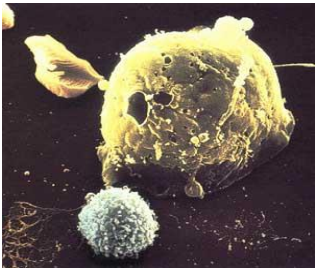


Рис. 11. Клетка-киллер

В процессе цитолиза различают три основных стадии: распознавание, выделение цитотоксинов («летальный удар») и лизис «клетки-мишени».

4. Гуморальные (молекулярные) факторы неспецифической защиты

В неспецифическом иммунитете против микробов участвуют белки острой фазы воспаления: С-реактивный протеин (белок), сывороточный амилоид, альфа2-макроглобулин, фибриноген, b-лизины, интерфероны, система комплемента, лизоцим и др.

4.1. Система комплемента

Система комплемента – это комплекс растворимых белков и белков клеточной поверхности, взаимодействие которых опосредует разные биологические эффекты:

- разрушение (лизис) клеток;
- привлечение лейкоцитов в очаг инфекции или воспаления (хемотаксис) и облегчение фагоцитоза (опсонизация);
- тимуляция воспаления и реакций гиперчувствительности (анафилотоксины).

Большая часть компонентов комплемента синтезируются гепатоцитами и мононуклеарными фагоцитами. Компоненты комплемента циркулируют в крови в неактивной форме. При определенных условиях самопроизвольный каскад ферментативных ре-

акций ведет к последовательной активации каждого из компонентов системы комплемента. Компоненты комплемента обозначают латинской буквой С и арабскими цифрами (С1, С2 .... С9).

4.2. Интерфероны

Интерфероны (ИФН или IFN) представляют собой разновидность специфических гликопротеинов, которые оказывают множество биологических эффектов широкого спектра, вырабатываются многими клетками в ответ на внедрение вируса или сложных биополимеров. Интерферон, образованный клетками человека, функционально активен только в организме человека, но не животных, и наоборот, т.е. обладает видовой специфичностью.

Выделяют три главных класса интерферонов: *альфа-интерферон* вырабатывают В-лимфоциты, его получают из лейкоцитов крови (лейкоцитарный); *бета-интерферон* получают при заражении вирусами культуры клеток фибробластов человека (фибробластный) и *гамма-интерферон* получают из иммунных Т-лимфоцитов, сенсибилизированных антигенами (иммунный).

Действие интерферона не связано с непосредственным влиянием на вирусы или клетки, т.е. интерферон не действует вне клетки. Адсорбируясь на поверхности клетки или проникая внутрь клетки, он через геном клетки влияет на процессы репродукции вируса или пролиферацию клетки (активирует синтез ферментов и ингибиторов, блокирующих трансляцию вирусных иРНК, тем самым, предохраняя соседние клетки от вирусной инфекции).

Значение интерферонов: интерфероны играют большую роль в поддержании резистентности к вирусам, поэтому его применяют для профилактики и лечения многих вирусных инфекций. Антипролиферативное действие, особенно гамма-интерферона, используют для лечения злокачественных опухолей, а иммуномодулирующее действие – для коррекции работы иммунной системы с целью ее нормализации при различных иммунодефицитах.

4.3. Лизоцим

Лизоцим является термостабильным белком типа муколитического фермента. Он содержится в тканевых жидкостях животных и растений, у человека – в слезах, слюне, перитонеальной жидкости, плазме и сыворотке крови, в лейкоцитах, материнском молоке и др. Лизоцим продуцируется моноцитами крови и тканевыми макрофагами. Он вызывает лизис многих сапрофитных

бактерий, оказывая менее выраженное литическое действие на ряд патогенных микроорганизмов и неактивен в отношении вирусов.

Антигены и их свойства

Первоначально термин *антиген* применяли для обозначения любой молекулы, индуцирующей образование В-клетками специфических антител. Однако теперь этот термин имеет более широкий смысл, обозначая любую молекулу, которую могут специфически распознавать элементы системы приобретенного иммунитета, т.е. В-клетки или Т-клетки, либо и те и другие.

Антиген – это инициатор и движущая сила всех реакций приобретенного иммунитета. Иммунная система возникла для распознавания и разрушения чужеродных агентов, а также для устранения источника их образования – бактерий, инфицированных вирусом клеток и т.п. Когда антиген элиминирован, иммунный ответ прекращается. Антигены являются веществами различного происхождения, несущие признаки генетической чужеродности и вызывающие развитие иммунных реакций (гуморальных, клеточных, состояние иммунной толерантности, индуцирование иммунной памяти).

Свойства антигена определяются комплексом признаков: *иммуногенность, антигенность, специфичность.*

Иммуногенность – способность антигена индуцировать в организме иммунный ответ.

Антигенность – способность антигена взаимодействовать только с гомологичными антителами и лимфоцитами определенного клона.

Специфичность – структурные особенности, отличающие один антиген от другого.

Способность вызывать развитие иммунного ответа и определять его специфичность обладает фрагмент молекулы антигена – *антигенная детерминанта (эпитоп)*, избирательно реагирующая с антигенраспознающими рецепторами и антителами. Молекула антигена может иметь несколько эпитопов, то есть быть поливалентной. Чем сложнее молекула антигена и чем больше у нее эпитопов, тем больше вероятность развития иммунного ответа.

Иммуногены или *полные антигены* – это вещества, вызывающие полноценный иммунный ответ и обладающие такими свойствами как иммуногенность, антигенность и специфичность.

Иммуногенами являются биополимеры – белки, их комплексы с углеводами (гликопротеиды), а также сложные полисахариды, липополисахариды с высокой молекулярной массой. Чем дальше от человека в эволюционном отношении отстоят организмы, тем большую иммуногенность проявляют их белки.

Гаптены или ***неполные антигены*** – относительно простые вещества, способные участвовать в иммунологических взаимодействиях, но не способные самостоятельно индуцировать иммунный ответ. Гаптены обладают антигенностью и специфичностью, но не обладают иммуногенностью.

Гаптены после присоединения к крупным, обычно белковым молекулам (носителям), могут приобретать свойства полного антигена.

Толерогены – антигены, способные подавлять иммунные реакции с развитием специфической неспособности отвечать на них.

Контрольные вопросы

1. Способы защиты организма.
2. Врождённые факторы неспецифической защиты организма.
3. Антигены и их свойства.

ЗАНЯТИЕ №3

Факторы специфической защиты

***Цель занятия*:** изучить факторы специфической защиты, характеристику защитных механизмов (функции) антител и динамику антителообразования.

Факторы специфической защиты

Наряду с факторами неспецифической защиты среда организма защищена от проникающих в нее чужеродных макромолекул, в том числе от патогенных микробов, механизмами специфического иммунного ответа. Эти механизмы приобретаются организмом после контакта с конкретным чужеродным веществом, носящим название антиген. Действие этих механизмов строго избирательно и распространяется только на конкретный антиген, который индуцировал иммунный ответ. Реализация иммунного ответа является

функцией высоко специализированной иммунной системы организма. Основные защитные функции иммунной системы – распознавание и элиминацию чужеродных макромолекул – осуществляют иммунокомпетентные клетки (лимфоциты), а также продуцируемые и секретируемые ими макромолекулы – антитела (иммуноглобулины).

Специфический иммунный ответ является одним из компонентов общей системы защиты организма, в которой все вышеперечисленные клетки и макромолекулы взаимосвязаны. Местом функциональной кооперации всех перечисленных клеток и макромолекул служат органы и ткани иммунной системы организма. В факторах специфической защиты участвуют лимфоциты, являющиеся единственными клетками организма, способными специфически распознавать и различать разные антигены и отвечать активацией на контакт с определенным антигеном.

Лимфоциты находятся в состоянии рециркуляции, т.е. постоянно происходит обмен клетками между кровью, лимфой и лимфоидными органами. Это необходимо для реализации специфического иммунного ответа, так как иммунная система должна быть готова ответить на любой из множества чужеродных антигенов, попадающих в любой участок тела. Поскольку каждый отдельный антиген распознается лишь очень небольшой частью популяции лимфоцитов, только постоянная рециркуляция может создать условия для встречи каждого антигена с единичными лимфоцитами, несущими специфические для него *антиген-распознающие рецепторы*.

Встретив и распознав этот антиген, лимфоциты размножаются (пролиферируются) и дифференцируются (специализиуются) благодаря клональной селекции. Большая часть из них принимает непосредственное участие по уничтожению антигена, а меньшая часть остается в виде долгоживущих активированных *клеток памяти* и в данный момент участие в защите не принимает.

При весьма сходной морфологии малые лимфоциты делятся на две популяции, имеющие различные функции и продуцирующие разные белки. В зависимости от места созревания в организме подразделяются на Т-(тимус) и В-(бурса Фабрициуса, костный мозг) лимфоциты.

В-лимфоциты

Каждая В-клетка генетически запрограммирована на синтез поверхностного рецептора иммуноглобулиновой природы (иммуноглобулиновые антигенраспознающие рецепторы), специфичного к одному определенному антигену. Встретив и распознав этот антиген, В-клетки размножаются и дифференцируются в плазматические клетки, которые образуют и выделяют в растворимой форме большие количества таких рецепторных молекул, называемых *антителами.*

Антитела представляют собой крупные гликопротеины и содержатся в крови и тканевой жидкости. Благодаря своей идентичности исходным рецепторным молекулам они взаимодействуют с тем антигеном, который первоначально активировал В-клетки.

Т-лимфоциты

Другая популяция получила название Т-лимфоциты в связи с их дифференцировкой в тимусе. Имеются несколько субпопуляций Т-клеток с различными функциями. Одни взаимодействуют с мононуклеарными фагоцитами, способствуя разрушению локализованных в них микроорганизмов. Другие взаимодействуют с В-клетками, помогая им размножаться, созревать и образовывать антитела. Обе эти субпопуляции Т-клеток названы *хелперными* Т-клетками (Тх) и для них характерен поверхностный маркер CD4+. Первые из них обозначаются как Тх1 (Th1)-клетки, они участвуют в реализации реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) и способны синтезировать ИЛ-2, ИФНg и лимфотоксин, а вторые обозначаются – Тх2 (Th2)-клетки и продуцируют ИЛ-4, ИЛ-5, ИЛ-6 и ИЛ-10. Таким образом, Т-хелперы являются *индукторами* (активаторами) иммунных реакций.

Третья субпопуляция Т-клеток осуществляет разрушение клеток организма, зараженных вирусами или иными патогенными микробами размножающимися внутриклеточно. Этот тип активности Т-клеток назван *цитотоксичностью*, а сами клетки соответственно *цитотоксическими* Т-лимфоцитами (ТЦТЛ *или* TCTL *или* Тц) или *Т-киллерами* – (Тк), которые имеют маркер CD8+.

Свои функции воздействия на другие клетки Т-лимфоциты осуществляют путем выделения растворимых белков – *цитокинов*, которые передают сигналы другим клеткам, или путем прямых межклеточных контактов. В цитотоксической реакции атакующая клетка направляет содержимое своих гранул наружу, к

«клетке-мишени». Гранулы цитотоксических Т-клеток содержат соединения, называемые *перфоринами*, которые способны создавать каналы в наружной мембране клеток-мишеней. Подобно этому, антитела, связавшись с поверхностью клетки-мишени, могут привлечь комплемент для перфорирования ее цитоплазматической мембраны. Кроме того гранулы содержат лимфотоксины, которыми цитотоксические лимфоциты, путем введения через проделанное отверстие в мембране, лизируют клетку-мишень. Некоторые цитотоксические клетки способны также своим сигналом включать программу саморазрушения клетки-мишени – процесс *апоптоза*.

Защитные механизмы (функции) антител

Антитела помогают предотвратить инфицирование и/или элиминировать возбудитель, активируя при этом несколько механизмов:

• *опсонизация* (иммунный фагоцитоз) – связывание иммуноглобулина с клеточной стенкой микроорганизма с последующим эффективным поглощением образовавшегося комплекса фагоцитом при взаимодействии Fc-фрагмента АТ с соответствующим Fc-рецептором (FcR) на мембране фагоцита;

• *антитоксический эффект*, при котором антитела могут связывать и тем самым инактивировать бактериальные токсины;

• *активация комплемента*: антитела (IgM и IgG) после связывания с Аг (микроорганизм, опухолевая клетка и др.) могут активировать каскад сывороточных протеаз (систему комплемента), что приводит к уничтожению индуктора в результате перфорации его клеточной стенки, усилению хемотаксиса и иммунного фагоцитоза;

• *нейтрализация*. Взаимодействуя с рецепторами клетки, связывающими бактерии или вирусы, АТ могут препятствовать адгезии и проникновению микроорганизмов в клетки организма-хозяина;

• *антителозависимая цитотоксичность*: распознавание клетки-мишени антителами, адсорбированными на Fc-рецепторах NK-клеток, с последующим разрушением их.

Динамика антителообразования

Первичный ответ. Появлению антител предшествует *латентный период* продолжительностью 3-5 суток. В это время происходит распознавание антигена и образование клонов плазматических клеток. Затем наступает *логарифмическая фаза*, соответствующая поступлению антител в кровь, продолжительность которой 7-15 суток. Постепенно титры антител достигают пика и наступает *стационарная фаза* продолжительностью 15-30 суток. Ее сменяет *фаза снижения* титров антител, длящаяся 1-6 месяцев.

Вторичный ответ. После антигенной стимуляции часть В- и Т-лимфоцитов циркулирует в виде клеток памяти. Особенностью вторичного иммунного ответа является высокая скорость антителообразования, появление максимальных титров антител и длительное (иногда многолетнее) их циркулирование.

Основные характеристики вторичного ответа:

• образование антител индуцируется значительно меньшими дозами Аг;

• индуктивная фаза сокращается до 5-6 ч;

• среди иммуноглобулинов доминируют IgG с большой аффинностью, пик их наступает раньше (3-5 сут);

• антитела образуются в более высоких титрах и циркулируют в организме длительное время.

Контрольные вопросы

1. Характеристика факторов специфической защиты.
2. Характеристика Т- и В-лимфоцитов.
3. Защитные механизмы (функции) антител.
4. Динамика антителообразования.

ЗАНЯТИЕ №4

Методы иммунологического анализа

***Цель занятия*:** изучить методы иммунологического анализа, способствующие выявлению антигенов и антител.

Многие иммунологические методы построены на взаимодействии антиген – антитело. С помощью таких методов можно

выявлять как антитела, так и антигены. Определение может быть качественным и количественным. Эта группа методов не требует большого количества материала для анализа (микроанализ). Объем анализируемого материала в наиболее совершенных методах составляет 0,1 мл, а чувствительность достигает десятых долей нанограмма на миллилитр.

1. Методы иммунопреципитации

Метод основан на поливалентности антител. За счет наличия нескольких активных центров в составе иммуноглобулинов они могут взаимодействовать с одинаковыми эпитопами на нескольких антигенах. В результате образуются видимые глазом и выпадающие в осадок агрегаты (преципитат). Если антиген содержит несколько эпитопов, то с ним связывается несколько антител, что увеличивает массу агрегата. Различают иммунопреципитацию в растворе и преципитацию в геле.

1.1. Иммунопреципитация в растворе является первым из разработанных методов иммунологического анализа и наименее чувствительным.

Существует количественный вариант иммунопреципитации в растворе, основанный на измерении мутности раствора с помощью нефелометрии.

1.2. Иммунопреципитация в геле позволяет определять антитела и антигены с более высокой чувствительностью, которая, однако, недостаточно высока по сравнению с современными методами иммунологического анализа. В качестве геля обычно используют тонкий слой агар-агара или агарозы. Антигены и антитела, нанесенные в лунки на некотором расстоянии друг от друга, диффундируют в толще геля. В месте их встречи образуется видимая глазом полоса.

Таким способом можно определить наличие или отсутствие в пробе антигена или антител. В первом случае в одну из лунок наносят антитела, направленные против искомого антигена. Во вторую – тестируемую пробу. Если образуется полоса преципитата, то в тестируемом образце имеется искомый антиген. При определении антител используют раствор антигена, к которому должны быть направлены искомые антитела. Метод может быть использован для определения веществ, находящихся в концентрации от 10 мкг/мл и выше. Ранее иммунопреципитация широко приме-

нялась в лабораторной практике, однако в настоящее время не используется в связи с относительно низкой чувствительностью.

Для методов, основанных на преципитации, важной является соотносительная концентрация взаимодействующих компонентов. Если концентрация одного из компонентов реакции намного превышает концентрацию второго, то преципитат может не выпадать вследствие быстрого истощения одного из компонентов и невозможности образования полноценного преципитата.

Иммунопреципитация в геле может быть полуколичественным и количественным методом. В первом случае используют последовательные разведения тестируемых антител или антигенов. Последнее разведение, в котором антитела или антигены способны давать положительную реакцию, называют титром. При использовании разных иммунологических методов титры могут меняться. Это зависит от чувствительности метода, то есть минимальной концентрации, в которой выявляются тестируемый антиген или антитела.

Существует несколько усовершенствованных модификаций иммунопреципитации в геле.

1.2.1. Радиальная иммунодиффузия. В этом случае подготавливается плоский гель, в котором один из компонентов системы антиген-антитело размещен равномерно по всей толще геля. Второй компонент, тестируемый в системе антиген-антитело, помещают в лунку в центре плоского геля. Последующая диффузия тестируемого компонента приводит к образованию кольца преципитации вокруг центральной лунки. Чем выше концентрация тестируемого компонента, тем больше диаметр образующегося кольца. При использовании соответствующих калибровочных образцов, то есть набора проб с известной концентрацией, может быть проведено количественное определение компонента, наносимого в центральную лунку.

1.2.2. Иммуноэлектрофорез. Метод является качественным. С его помощью можно одновременно в одной пробе определить наличие множества антигенов, выявляемых антителами. Проводят электрофорез тестируемого образца в агарозном геле, затем по сторонам геля параллельно направлению миграции антигенов делают длинные лунки (траншеи), в которые заливают антисыворотку, содержащую антитела к тестируемым антигенам. При наличии в тестируемом образце искомых антигенов образуются дуги пре-

ципитации в тех зонах, куда мигрировали при электрофорезе антигены. Этим же методом можно определить наличие антител к конкретному антигену, находящемуся в смеси с другими антигенами.

1.3. Агглютинация (от лат. *agglutinatio* – склеивание). В основе метода лежит формирование видимых невооруженным глазом конгломератов клеток или частиц при образовании между ними молекулярных мостиков. В качестве мостиков могут выступать антитела и антигены. В основе феномена агглютинации лежит поливалентность антител, дающая возможность одному антителу связаться с несколькими клетками или частицами одновременно.

Агглютинация может происходить между бактериальными клетками, между клетками крови, в частности эритроцитами, между латексными частицами. Бактериальные клетки несут поверхностные антигены. При добавлении к бактериальным клеткам антител против таких антигенов будет происходить их агглютинация. Определение групп крови с помощью соответствующих антисывороток также основано на феномене агглютинации. В этом случае образование конгломератов клеток с последующим их осаждением происходит в том случае, когда эритроциты несут на своей поверхности антигены (изоагглютинины), взаимодействующие с добавляемой к ним антисывороткой. При агглютинации эритроцитов метод называют *гемагглютинацией*.

Эритроциты и соответствующие им по размерам латексные частицы могут быть химически сшиты с каким-либо антигеном или антителом. Добавление к ним второго компонента системы «антиген-антитело» будет приводить к агглютинации, сопровождающейся быстрым выпадением в осадок больших конгломератов клеток. Метод гемагглютинации и латексной агглютинации широко используется для качественного и количественного определения различных антигенов и антител. Разработано множество модификаций метода. Он более чувствителен, чем иммунопреципитация, и позволяет выявлять антигены в концентрации, равной 10-100 нг/мл и выше. Однако в настоящее время разработаны более чувствительные методы, которым отдается предпочтение.

2. Методы, основанные на использовании специфической метки

2.1. Иммунофлуоресценция. Метод основан на применении в качестве метки флуоресцирующих соединений. Метку химически

пришивают к антителу или антигену. Это позволяет регистрировать реакцию антиген-антитело с помощью соответствующих приборов и увеличивает чувствительность анализа. Чаще всего с помощью иммунофлюоресценции определяют антигены на поверхности клеток. С этой целью тестируемые бактериальные или эукариотические клетки обрабатывают антителами, мечеными флуоресцентной меткой, а затем оценивают реакцию с помощью люминесцентного микроскопа.

Иммунофлуоресцентный метод широко используется для *иммунофенотипирования* клеток иммунной системы, то есть для определения набора антигенов, представленных на поверхности клетки. Как правило, с этой целью применяют наборы *моноклональных антител*, направленных против различных антигенов. Если используют меченые моноклональные антитела, то метод называют прямым. Если клетки обрабатывают немечеными моноклональными антителами, а затем флуоресцентно мечеными антителами, направленными против моноклональных антител, то метод называют *непрямым*. В этом случае моноклональные антитела называют *первыми антителами*, а меченые антитела против моноклональных антител *вторыми антителами*. Вторые антитела чаще всего являются антивидовыми, то есть направлены против иммуноглобулинов того или иного вида животных. Поскольку диагностические моноклональные антитела чаще всего являются мышиными, то используют поликлональные антитела против иммуноглобулинов мыши.

В качестве метки используют различные флуоресцирующие соединения. Наиболее распространенным является *флуоресцинизотиоционат*. Кроме люминесцентной микроскопии для иммунофенотипирования применяют также проточную лазерную цитофлуорометрию. Принцип метода основан на лазерном анализе флуоресценции каждой отдельной клетки, обработанной мечеными моноклинальными антителами.

С помощью иммунофлуоресценции определяют популяционный состав лимфоцитов периферической крови. Так, с помощью соответствующих моноклональных антител можно подсчитать количественное соотношение CD4-положительных и CD8-положительных Т-лимфоцитов, определив тем самым иммунорегуляторный индекс.

2.2. Иммуноферментный метод. Объединяет возможности иммунологических и биохимических подходов. В качестве метки используются ферменты, химически сшитые с антигеном или антителом. Он шире других методов распространен в диагностической практике. Обладает высокой чувствительностью (десятые доли нанограмма на миллилитр), позволяет анализировать одновременно множество проб, может быть как качественным, так и количественным методом, легко стандартизуется, не требует большого количества времени.

Существует множество различных вариантов иммуноферментного метода. Чаще всего применяется *твердофазный иммуноферментный анализ*. Один из компонентов системы «антиген-антитело» сорбируется на твердую фазу, в качестве которой обычно используется полистирол, имеющий 96 лунок объемом 0,2 мл. В каждой лунке планшета проводится отдельная реакция, которая затем может быть отдельно проанализирована.

При анализе антигенов на стенке лунок полистиролового планшета сорбируются антитела против данного антигена, затем добавляется раствор тестируемого антигена и проводится инкубация, в ходе которой происходит взаимодействие «антиген-антитело». После отмывания не связавшегося материала в лунки планшетов добавляют антитела против того же антигена, сшитые с ферментом. Формируется связанный с твердой фазой комплекс, состоящий из антител, антигена и антител, меченых ферментом. Комплекс напоминает бутерброд, в связи с чем такой вариант иммуноферментного анализа назван *сэндвич-методом.* Для повышения специфичности метода используют моноклональные антитела, направленные к разным эпитопам антигена.

Реакция «антиген-антитело» проявляется добавлением в отмытую лунку планшета субстрата для фермента. Используются такие субстраты, которые способны менять свою окраску в присутствии фермента. Чаще всего в качестве фермента используется пероксидаза хрена. Она расщепляет перекись водорода на воду и атомарный кислород. Последний окисляет бесцветные фенольные соединения, у которых появляется окраска. В настоящее время в этих целях применяют ортофенилендиамин (ОФД) и тетраметилбензидин (ТМБ). Появление окрашивания свидетельствует о связывании фермента с твердой фазой и, в данном случае, о положительной реакции на антиген. Количество антигена

в растворе оценивается по интенсивности окрашивания раствора субстрата.

Существуют конкурентные и неконкурентные методы анализа. Сэндвич-метод является неконкурентным. В конкурентном варианте определения антигена взамен антител, сшитых с ферментом, одновременно с немеченым добавляется стандартизированный антиген, меченый ферментом. Он конкурирует с немеченым антигеном за связывание с сорбированными антителами. Чем выше концентрация тестируемого (немеченого) антигена, тем меньше меченого антигена свяжется с твердой фазой. То есть в данном случае снижение интенсивности иммуноферментной реакции будет свидетельствовать о наличии антигена в тестируемом растворе.

Иммуноферментный анализ применяется для определения самых различных антигенов. С его помощью тестируют наличие в крови антител к самым разным возбудителям инфекций, определяют аутоантитела, оценивают содержание вирусных и бактериальных антигенов, белков крови, опухолевых антигенов, гормонов, наркотиков и многое другое. Метод применяется не только в биомедицине и научных исследованиях, но и в сельском хозяйстве, при экологическом мониторинге и т.д.

2.3. Радиоиммунный анализ. Обладает наибольшей чувствительностью. Он способен выявлять пикограммовые концентрации антигена в миллилитре. Однако в связи с тем, что в качестве метки применяются изотопы, он не нашел столь широкого применения, как иммуноферментный метод. Кроме того, выполнение радиоиммунного анализа требует специализированного оборудования и специальных условий, что также осложняет распространение этого метода. Чаще всего при проведении радиоиммунного анализа используют конкурентные методы. Радиоиммунологический анализ в медицине используется для определения кортикостероидных гормонов и некоторых других антигенов.

Контрольные вопросы

1. Характеристика разновидностей методов иммунопреципитации.
2. Характеристика разновидностей методов, основанных на использовании специфической метки.

ЗАНЯТИЕ №5

Иммунитет. Формы и виды иммунитета

***Цель занятия*:** изучить понятие иммунитета, его теории; разновидности форм и методов противоинфекционной защиты иммунитета.

Иммунитет – это свойство организма распознать чужеродные для него вещества – антигены, благодаря специфическим рецепторам или антителам: способность отторгать или разрушать эти вещества при помощи тех или иных иммунологических реакций и вырабатывать по отношению к ним специфическую иммунологическую память. При этом вызвать иммунную реакцию организма могут не только антигены возбудителей заразных болезней, но и многие другие вещества, в том числе компоненты некоторых клеток собственного организма (например, сперматозоиды, антигены отмирающих клеток и т.д.)

В роли антигена могут выступать различные инфекционные агенты (бактерии, вирусы и т.д.), белки других организмов, собственные изменения клеток организма (мутированные, опухолевые, стареющие и т.п.), сперма при оплодотворении, эмбрион для матери и другие. Говоря другими словами, иммунитет поддерживает клеточный, белковый и генетический гомеостаз организма. Поэтому его рассматривают в настоящее время как одну из регулярных систем живого организма.

Биологическое значение иммунитета заключается в том, что он охраняет биологическую индивидуальность организма в процессе его развития, обеспечивает постоянство его внутренней среды и защиту от внедрения в него чужеродной генетической информации, предотвращает размножение потенциально злокачественных клеток – мутантов, постоянно возникающих в нашем теле.

Иммунитет отвечает за три важнейших процесса в организме:

1) обеспечивает гомеостаз организма на клеточном и молекулярном уровнях организации, что реализуется иммунной системой;

2) осуществляет замену отработавших или поврежденных, состарившихся клеток различных органов живого организма;

3) осуществляет защиту организма от проникновения разного рода инфекций – вирусов, бактерий, грибков.

Таким образом, иммунитет – это невосприимчивость, сопротивляемость организма к инфекциям и инвазиям чужеродных организмов (например, болезнетворных микроорганизмов), а также воздействию чужеродных веществ, обладающих антигенными свойствами.

Теории иммунитета

Теория «истощения среды», предложенная Луи Пастером в 1880 г. была одной из первых попыток объяснения причин возникновения приобретённого иммунитета.

Невосприимчивость, наступившая в результате перенесённого однажды заболевания, объясняется тем, что микробы полностью использовали необходимые для их жизни вещества, бывшие до заболевания в организме, и поэтому не размножались в нём вновь, подобно тому, как они перестают размножаться на искусственной питательной среде после длительного культивирования в ней.

Рецепторная теория иммунитета, предложенная Жаном Шово (французский ветеринарный врач), согласно которой задержка роста числа бактерий объяснялась накоплением в организме особых продуктов обмена, препятствующих дальнейшему размножению микробов.

В гипотезе Шово содержались уже намёки на возможность появления в результате инфекции или иммунизации каких-то новых веществ (антител), тормозящих активность микробов в случае вторичного заражения.

Рецепторная теория иммунитета, как и гипотеза «истощения среды» хоть и были умозрительными, всё же они в какой-то степени отражали объективную действительность

Фагоцитарная теория иммунитета предложенная И. И. Мечниковым. Теория, согласно которой решающая роль в антибактериальном иммунитете принадлежит фагоцитозу.

Мечников утверждал, что способность подвижных клеток беспозвоночных организмов поглощать пищевые частицы, т.е. участвовать в пищеварении, есть фактически их способность поглощать вообще всё «чужое», не свойственное организму – различных микробов, отмирающие клетки и др. У позвоночных животных также существует амебоидные клетки (фагоциты) –

макрофаги и нейтрофилы. Но «едят» они пищу особого рода – патогенных микробов.

Было установлено, что захват и переваривание фагоцитами болезнетворных агентов далеко не единственный фактор защиты организма. Имеются микробы, например, вирусы, для которых фагоцитоз сам по себе не имеет столь большого значения, как при бактериальных инфекциях, и только лишь предварительное воздействие на вирусы антител может способствовать их захватыванию и разрушению.

Мечников выявил три важных свойства фагоцитов:

▪ защищающее и очищающее свойство от токсинов, продуктов отмирания тканей, от инфекций;

▪ представляющая функция антигенов на мембране клетки;

▪ секреторное свойство, позволяющее выделять секреции ферментов других биологических веществ.

Опираясь на эти три свойства фагоцитов, можно описать фагоцитоз в три стадии:

▪ хемотаксис – направленное движение фагоцита по отношению к объекту фагоцитоза (чужеродной клетки);

▪ адгезия – прилипание фагоцита с антигеном;

▪ эндоцитоз – процесс поглощения вещества чужеродной клетки фагоцитом.

Таким образом, И. И. Мечников подчёркивал фагоцитарную теорию как неспецифическую клеточную защитную реакцию.

Одновременно с фагоцитарной теорией иммунитета развивалось *гуморальное направление*, в котором главную роль в защите от инфекции отводилось жидкостям и сокам организма (крови, лимфе, секретам), в которых содержатся вещества, нейтрализующие микробы и продукты их жизнедеятельности.

Гуморальная теория иммунитета. Й. Фодор (1887 г.) и Д. Наттолл (1888 г.) сообщили о бактерицидных свойствах сыворотки крови.

Г. Бухнер (1889 г.) установил, что это свойство зависит от наличия в сыворотке особых термолабильных «защитных веществ», названных им *алексинами.*

Ж. Борде (1898 г.) представил факты, свидетельствующие об участии в цитонцидном эффекте двух различных по своим свойствам субстратов сыворотки крови – термолабильного

(неустойчивого к тепловому воздействию) комплемента и термостабильного (теплоустойчивого) антитела.

Э. Беринг и С. Китазато (1890 г.) открыли способности иммунных сывороток нейтрализовать столбнячный и дифтерийный токсины, а П. Эрлихом (1891 г.) – антител, нейтрализующих токсины растительного происхождения (рицин и арбин).

Р. Пфейффер (1894 г.) в иммунных сыворотках, поученных от резситентных к холерному вибриону морских свинок обнаружил антитела, растворяющие микробов.

Грубер и Дархнем (1896 г.) открыли антитела, агглютинирующие микробы.

Получение Э. Ру (1894 г.) сыворотки для лечения токсической формы дифтерии окончательно укрепило идею о роли гуморальных факторов в защите организма от инфекции.

Дальнейшее развитие науки показало, что между клеточными и гуморальными факторами иммунитета существует тесное взаимодействие. Например, такие гуморальные вещества, как опсонины, агглютинины и другие антитела способствуют фагоцитозу: присоединяясь в патогенным микробам, они делают их более доступными для захватывания и переваривания фагоцитарными клетками. В свою очередь фагоцитарные клетки принимают участие в клеточных взаимодействиях, ведущих к продукции антител.

Общая теория иммунитета. М. Ф. Бернет (1972 г.) открыл клонально-селекционную теорию образования антител. Эта теория способствовала изучению иммунокомпетентных клеток, роли их в специфическом распознавании антигенов, продукции антител, возникновении иммунологической толерантности, аллергии.

М. Ф. Бернет (1962 г.) и Р. В. Петров (1976 г.) доказали, что иммунная система организма осуществляет функцию надзора за генетическим постоянством совокупности соматических клеток.

Соматические клетки – клетки, составляющие тело (сому) многоклеточных организмов и не принимающие участия в половом размножении. Таким образом, это все клетки, кроме гамет.

Иммунные реакции выполняют не только специальную функцию защиты от микробов и продуктов их жизнедеятельности, но несут и другую, более разнообразную физиологическую функцию. Иммунные реакции принимают участие и в освобождении организма от различных немикробных антигенных веществ, проникающих через респираторный и пищеварительный тракт, через по-

вреждённую кожу, а также искусственно вводимых с врачебными целями (сыворотки, лекарства).

Теория иммунитета Эрлиха – одна из первых теорий антителообразования, согласно которой у клеток имеются антигенспецифические рецепторы, высвобождающиеся в качестве антител под действием антигена.

В статье Пауля Эрлиха противомикробные вещества крови автор назвал термином «антитело», так как бактерий в то время называли термином «korper» – микроскопические тельца. Но П. Эрлиха «посетило» глубокое теоретическое прозрение. Несмотря на то, что факты того времени свидетельствовали, что в крови неконтактировавшего с конкретным микробом животного или человека не определяются антитела против данного микроба, П. Эрлих каким-то образом осознал, что и до контакта с конкретным микробом в организме уже есть антитела в виде, который он назвал "боковыми цепями". Как мы теперь знаем, это именно так, и "боковые цепи" Эрлиха – это подробно изученные в наше время рецепторы лимфоцитов для антигенов. Позже этот же образ мыслей П. Эрлих «применил» к фармакологии: в своей теории химиотерапии он предполагал существование в организме рецепторов для лекарственных веществ. В 1908 г. П. Эрлиху вручили Нобелевскую премию за гуморальную теорию иммунитета.

Теория иммунитета Безредки – теория, объясняющая защиту организма от ряда инфекционных болезней возникновением специфической местной невосприимчивости клеток к возбудителям.

Инструктивные теории иммунитета – общее название теорий антителообразования, согласно которым ведущая роль в иммунном ответе отводится антигену, прямо участвующему в качестве матрицы при формировании специфической конфигурации антидетерминанты либо выступающему в качестве фактора, направленно изменяющего биосинтез иммуноглобулинов плазматическими клетками.

Виды иммунитета

Существует два вида иммунитета.

1. Неспецифический (врожденный или наследственный) иммунитет – врожденная способность уничтожать все чуждое организму. Это образованная во внутриутробной жизни способность

клеток синтезировать мембранные рецепторы к антигенам других организмов, других тканей и некоторым микроорганизмам, а также синтезировать соответствующие антитела и выводить их в жидкости тела.

Этот вид иммунитета передается по наследству, работа его зависит от множества факторов на уровне клеток и неклеточном уровне – гуморальном.

Естественная защита организма является достаточно сильной, но чужеродные для человека микроорганизмы постоянно совершенствуются, что позволяет им проникать сквозь сформированные защитные барьеры и ослаблять естественный иммунитет.

Чаще всего это происходит при стрессе, при неполноценном питании с ограниченным поступлением витаминов. Если чужеродному агенту удалось проникнуть в кровеносную систему человека, включается в работу и приобретенный иммунитет.

Врождённый иммунитет может быть:

- *видовым активным* – невосприимчивость одного вида животных или человека к микроорганизмам, вызывающим заболевания у других видов. Он генетически детерминирован у человека как биологического вида, т.е. человек не болеет зоонозными заболеваниями. Видовой иммунитет всегда активный;

- *индивидуальным пассивным* – обеспечивается передачей иммуноглобулинов плоду от матери через плаценту (плацентарный иммунитет). Такой вид иммунитета пассивный.

Врождённая иммунная защита неспецифична, то есть её звенья распознают и реагируют на чужеродные тела независимо от их особенностей. Эта система не создает длительной невосприимчивости к конкретной инфекции. Система врождённого иммунитета осуществляет основную защиту у большинства живых многоклеточных организмов.

2. Специфический (приобретённый) иммунитет (как следует из его названия) «приобретается», то есть формируется в организме человека или животного в течение всей его жизни. Например, приобретается после инфекции (после гриппа, кори, краснухи) или вакцинации. Он носит индивидуальный характер и формируется на протяжении всей жизни человека в результате контакта иммунной системы с различными микробами и антигенами.

Специфический иммунитет сохраняет память о перенесенной инфекции и препятствует ее повторному возникновению. Иногда специфический иммунитет может сохраняться на всю жизнь, иногда – несколько недель, месяцев или лет. Он не передается по наследству.

Приобретенный иммунитет осуществляет выработку антител, специальных молекул, которые уничтожают попадающие в организм антигены (чужеродные агенты).

Приобретённый специфический иммунитет, в свою очередь делится на:

- *иммунизирующую субинфекцию* – когда в организм попадает возбудитель, который не может вызывать клинического переболевания, но вызывает специфическую перестройку иммунной системы и выработку иммунитета;

- *естественный приобретённый иммунитет* – когда организм при встрече с инфекцией вырабатывает антитела самостоятельно. Если этот чужеродный агент снова попадает в организм, то выработанные ранее антитела сразу уничтожают его. Такой вид иммунитета характерен для кори и ветрянки, которыми человек болеет лишь один раз в жизни, а затем сохраняет к этим болезням стойкий иммунитет;

- *искусственный приобретённый иммунитет* – для его формирования делают прививки, содержащие ослабленных возбудителей болезни, к которым организм сам вырабатывает иммунитет.

В свою очередь искусственный приобретённый иммунитет делится на:

- *активный искусственный приобретённый* – приобретаемый за счёт прививок или после введения вакцин или же в результате перенесённой инфекции (например, грипп). Активно приобретённый иммунитет может сохраняться годами (грипп – 1-2 года) или десятилетиями (корь).

- *пассивный искусственный приобретённый* – создаётся при введении в организм сывороток, т.е. готовых антител к определенной инфекции или возникает у плода вследствие того, что он получает антитела от матери через плаценту или с молозивом, которые в кратчайшие сроки могут предотвратить заболевание, поэтому новорожденные в течение определенного времени остаются невосприимчивыми к некоторым инфекциям (например, кори).

Он создается также путем введения в организм иммуноглобулинов, полученных от активно иммунизированных людей и животных. Он устанавливается довольно быстро – через несколько часов после введения иммуноглобулинов и сохраняется непродолжительное время – в течение 3-4 недель.

Система приобретённого иммунитета появилась в ходе эволюции низших позвоночных. Она обеспечивает более интенсивный иммунный ответ, а также иммунологическую память, благодаря которой каждый чужеродный микроорганизм «запоминается» по уникальным для него антигенам. Система приобретённого иммунитета антигенспецифична и требует распознавания специфических чужих («не своих») антигенов в процессе, называемом *презентацией антигена*. Специфичность антигена позволяет осуществлять реакции, которые предназначены конкретным микроорганизмам или инфицированным ими клеткам. Способность к осуществлению таких узконаправленных реакций поддерживается в организме «клетками памяти». Если макроорганизм инфицируется микроорганизмом более одного раза, эти специфические клетки памяти используются для быстрого уничтожения такого микроорганизма.

В зависимости от исхода инфекционного процесса различают две формы приобретённого иммунитета:

- *стерильный иммунитет* – сопровождается полным освобождением от инфекционного агента. Возбудителя в организме нет, а устойчивость к нему есть;

- *нестерильный* или *(инфекционный) иммунитет* – это своеобразная форма приобретенного иммунитета, обусловленного наличием инфекционного агента в организме и продолжающегося до тех пор, пока микробы остаются в организме. Например, наличие туберкулезного очага в организме обеспечивает ему невосприимчивость к новому заражению туберкулезом. Он формируется на базе наследственно детерминированных факторов и механизмов.

Виды инфекционного иммунитета:

- антибактериальный;
- антитоксический;
- противовирусный;
- противогрибковый;
- антипротозойный.

Основу как наследственного, так и приобретенного иммунитета составляют молекулярные, клеточные и общефизиологические реакции организма на чужеродные антигены.

Если имеется временное или постоянное угнетение иммунной системы под влиянием внешних воздействий на организм, т.е. иммунодепрессия, то иммунитет не формируется. Факторы, вызывающие иммунодепрессию, различны:

• физические (облучение организма рентгеновскими лучами, гамма-лучами и т.д.);

• химические (цитостатики, иммунодепрессанты и др.);

• иммунологические (применение антилимфоцитарных, антиноцитарных, антиглобулиновых сывороток);

• удаление при операциях тимуса, селезенки или лимфатических узлов.

Факторы, угнетающие иммунитет

1. Лимитирующие факторы окружающей среды на пределе выносливости вида.

2. Экологически небезопасные товары и продукты; корма, добавки и биостимуляторы для с\х животных. Они приводят к увеличению числа патологических форм лимфоцитов, увеличению генетических поломок различных клеток, что вызывает усиление нагрузки на иммунную систему.

3. Психологический фактор – эмоциональные стрессы. Приводят к увеличению выхода кортикостероидов, которые приводят к массовой гибели лимфоцитов, снижая иммунный статус.

4. Нарушения баланса питания: белковое голодание, авитаминозы, минеральная недостаточность, диеты т.д.

Гуморальные иммунные реакции

В гуморальных иммунных реакциях участвуют три клеточных типа: *макрофаги* (Аг-представляющие клетки), *Т-хелперы* и *В-лимфоциты.*

Аг-представляющие клетки фагоцитируют микроорганизм и перерабатывают его, расщепляя на фрагменты (процессинг Аг). Фрагменты Аг выставляются на поверхности Аг-представляющей клетки вместе с молекулой МНС. Комплекс «Аг-молекула МНС класса II» предъявляется Т-хелперу. Распознавание комплекса Т-хелпером стимулирует секрецию ИЛ-1 макрофагами.

Т-хелпер под действием ИЛ-1 синтезирует ИЛ-2 и рецепторы к ИЛ-2; последний стимулирует пролиферацию Т-хелперов, а также ЦТЛ. Таким образом, после взаимодействия с Аг-представляющей клеткой Т-хелпер приобретает способность отвечать на действие ИЛ-2 бурным размножением. Биологический смысл этого явления состоит в накоплении Т-хелперов, обеспечивающих образование в лимфоидных органах необходимого пула плазматических клеток, вырабатывающих АТ к данному Аг.

В-лимфоцит. Активация В-лимфоцита предполагает прямое взаимодействие Аг с молекулой Ig на поверхности В-клетки. В этом случае сам В-лимфоцит перерабатывает Аг и представляет его фрагмент в связи с молекулой МНС II на своей поверхности. Этот комплекс распознает Т-хелпер, отобранный при помощи того же Аг. Узнавание рецептором Т-хелпера комплекса Аг-молекула МНС класса II на поверхности В-лимфоцита приводит к секреции Т-хелпером ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-5, ИЛ-6, под действием которых В-клетка размножается, образуя клон плазматических клеток (плазмоцитов). Плазмоциты синтезируют антитела. Часть зрелых В-лимфоцитов после антигензависимой дифференцировки циркулируют в организме в виде *клеток памяти*.

Антитела, специфически взаимодействуя с антигенными детерминантами (эпитопами) на поверхности микроорганизмов, образуют с ними иммунные комплексы, что ведет к активации мембраноатакующего комплекса системы комплемента и лизису микробных клеток. Кроме того, иммунные комплексы, включающие микроорганизмы и специфические антитела, быстрее и легче захватываются фагоцитирующими клетками организма при участии Fc-рецепторов. При этом ускоряется и облегчается внутриклеточная гибель и переваривание. Защитная роль антител в антитоксическом иммунитете определяется также их способностью нейтрализовать токсины. Секреторные иммуноглобулины класса А обеспечивают местный специфический иммунитет слизистых оболочек, препятствуя прикреплению и проникновению патогенных микроорганизмов.

Вместе с тем гуморальная защита малоэффективна против внутриклеточно паразитирующих бактерий, риккетсий, хламидий, микоплазм, грибов, простейших и вирусов. Против этих возбудителей более эффективны клеточные механизмы специфического иммунитета, к которым относится иммунное воспаление – реакция

гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) и цитотоксическая активность Т-киллеров, NK-клеток, макрофагов.

Клеточные иммунные реакции

В очаге иммунного воспаления *Т-эффекторы ГЗТ*, активированные при контакте с микробными антигенами, продуцируют *лимфокины*, индуцирующие микробоцидные механизмы фагоцитов. В результате усиливается внутриклеточная гибель захваченных фагоцитами возбудителей.

Гибель «клеток-мишеней» вместе с паразитирующими в них возбудителями может наступить вследствие их распознавания *Т-киллерами*, специфически сенсибилизированными против микробных антигенов.

Другой механизм гибели зараженных клеток носит название *антителозависимой цитотоксичности* (АЗЦТ). Он заключается в распознавании микробных антигенов на мембране зараженной клетки-«мишени» антителами, адсорбированными на Fc-рецепторах *NK-клеток* или *макрофагов*. При этом цитотоксичность является результатом действия лизосомных ферментов и других продуктов секреции данных клеток.

В целом клеточные механизмы обеспечивают защиту организма против факультативно и облигатно внутриклеточных паразитов, что позволяет оценивать напряженность специфического иммунитета по результатам *кожно-аллергической реакции*. Этим же объясняется и тот факт, что наиболее эффективными для специфической профилактики таких инфекций являются вакцины из живых ослабленных микроорганизмов, активирующие клеточные механизмы иммунитета.

Иммунологическая память

Иммунологическая память – способность организма отвечать на повторное введение антигена иммунной реакцией, характеризующейся большей силой и более быстрым развитием.

Клетки иммунологической памяти – *долгоживущие Т- и В-лимфоциты*, сохраняющие многие годы способность реагировать на повторное введение антигена, так как вырабатываются рецепторы к этому антигену. Иммунологическая память проявляется как ускоренный специфический ответ на повторное введение антигена.

Иммунологическая память к антигенным компонентам окружающей среды лежит в основе аллергических заболеваний, а к резус-антигену (возникает при резус-несовместимости беременности) – в основе гемолитической болезни новорожденных. Феномен иммунологической памяти используется в практике вакцинации людей.

Иммунологическая толерантность

Иммунологическая толерантность – явление, противоположное иммунному ответу и иммунологической памяти, проявляющееся в том, что на введение антигена вместо выработки иммунитета в организме развивается ареактивность, инертность, отсутствие ответа на антиген.

Иммунный ответ против собственных тканей организма в нормальных условиях не развивается, т.е. иммунная система толерантна к подавляющему большинству Аг тканей организма (аутоантигены). Искусственная толерантность к чужеродным Аг может быть вызвана иммунизацией по определенной схеме (например, толерантность «низкой дозы» – дробное введение Аг в возрастающих количествах или толерантность «высокой дозы» – однократное введение антигена в высокой дозе).

Регуляция иммунного ответа

Интенсивность и продолжительность иммунного ответа контролируется и регулируется при участии ряда механизмов обратной связи на *генетическом, клеточном и организменном* уровнях.

Генетический контроль иммунного ответа связан с наличием конкретных генов, контролирующих синтез и выход специфических рецепторов на поверхность иммунокомпетентных клеток, что непосредственно влияет на уровень представления и распознавания антигена.

Иммунная система представляет собой комплекс взаимодействующих клеток, связанных между собой внутренними регуляторными связями посредством цитокинов.

На уровне организма осуществляется взаимодействие нервной, эндокринной и иммунной систем, иммунный ответ контролируется и регулируется нейрогуморальными механизмами, среди которых ведущую роль играют кортикостероидные гормоны, подавляющие процессы пролиферации, дифференцировки и миграа-

ции лимфоидных клеток и ингибирующие биосинтез интерлейкинов.

Воспаление

Воспаление – это сумма защитно-адаптивных реакций, развивающихся в тканях при их повреждении; впоследствии они могут полностью восстанавливать свою структуру и функции либо в них могут формироваться стойкие дефекты. Хорошо известны классические признаки, характеризующие острое воспаление: покраснение, отек, боль, локальное повышение температуры и нарушение функций органа или ткани. Если интенсивность острой реакции оказывается недостаточной для элиминации возбудителя, то она меняет свои характеристики и принимает хроническое течение. С позиции защиты от патогенов большинство системных реакций острого воспаления резко изменяет лимфо- и кровообращение в очаге. Вазодилатация и повышение проницаемости капилляров облегчает выход из просвета капилляров больших молекул (например, компонентов комплемента) и полиморфонуклеаров. Весьма важным фактором является снижение pH в воспаленных тканях, обусловленное преимущественно секрецией молочной кислоты фагоцитами. Снижение pH оказывает губительное действие на бактерии, повышает микробицидную активность низкомолекулярных органических кислот и снижает резистентность к действию антимикробных химиопрепаратов. Любое инфекционное воспаление начинается с запуска комплементарного каскада и активации свертывающей системы, многие компоненты которых известны как медиаторы воспалительных реакций.

Контрольные вопросы

1. Понятие иммунитета, его биологическое значение.
2. Характеристика теорий иммунитета.
3. Разновидности форм иммунитета.
4. Характеристика гуморальных и клеточных иммунных реакций.
5. Понятие «иммунологической памяти» и «иммунологической толерантности».
6. Характеристика видов иммунитета.
7. Регуляция иммунного ответа.
8. Понятие «воспаления» в иммунологии.

ЗАНЯТИЕ №6

Морфофункциональная характеристика центральных и периферических органов иммунной системы

***Цель занятия*:** изучить понятие «иммунная система и «иммунологическая память»; центральные и периферические органы иммунной системы.

Понятие иммунной системы и иммунологической памяти

При изучении иммунной системы как целого необходимо знать её морфологические границы и установить те факторы, которые определяют свойственные только этой системе функциональные проявления.

Существующая иммунная система у позвоночных животных и объединяющая органы и ткани, которые защищают организм от заболеваний, идентифицирует и уничтожает опухолевые клетки и патогены. Иммунная система распознает множество разнообразных возбудителей – от вирусов до паразитических червей и отличает их от биомолекул собственных клеток. Распознавание возбудителей усложняется за счёт их адаптации и эволюционного развития.

Существует несколько определений понятия «иммунная система». Так, по данным W.E.Paul (1987 г.) *иммунную систему* можно рассматривать как совокупность лимфоцитов, макрофагов, ряда сходных с макрофагами клеток, включая дендритные клетки селезенки и эпителиальные клетки Лангерганса, а также специализированные эпителиальные клетки, сходные с теми, которые были найдены в тимусе. По мнению К. Дреслера (1988 г.) *иммунная система* представляет собой функциональную систему организма позвоночных, состоящая из лимфоидных клеток и органов, ответственных за специфические иммунные защитные механизмы.

Ещё один исследователь – Л. Йегер (1990 г.) рассматривал *иммунную систему* как систему контроля, обеспечивающую индивидуальность и целостность организма.

В очень тесном взаимодействии с иммунной системой связана *иммунокомпетентная система*, которая по данным П. Ф. Литвицкого (1992 г.) представляет собой совокупность лимфоидных органов, тканей и клеток, обеспечивающих биохимическую,

структурную и функциональную индивидуальность организма путем элиминации (выведения) из него носителей чужеродной генетической информации.

Одними из основных элементов иммунной системы и иммунокомпетентной системы являются *лимфоидные органы* – это функциональные тканевые образования, в которых образуются иммунные клетки и где они приобретают иммунную специфичность.

Иммунная система появилась вместе с многоклеточными организмами и развивалась, как помощник по их выживанию. Она соединяет органы и ткани, которые гарантируют защиту организма от генетически чужеродных клеток и веществ, которые поступают с окружающей среды. По организации и механизмам функционирования она подобна нервной системе.

Таким образом, *иммунная система* – это совокупность всех лимфоидных органов и скоплений лимфатических клеток тела.

Конечной целью иммунной системы является уничтожение чужеродного агента, которым может оказаться болезнетворный микроорганизм, инородное тело, ядовитое вещество или переродившаяся клетка самого организма. Этим достигается биологическая индивидуальность организма.

Основная функция иммунной системы – отличать генетически чужеродные структуры от собственных, перерабатывать и элиминировать (выводить) их. Иммунная система обеспечивает защиту организма от инфекций, а также удаление поврежденных, состарившихся и измененных клеток собственного организма. Эта функция строго специфична и базируется, прежде всего, на специфичности антител и лимфоцитов и существовании феномена иммунологической памяти.

Иммунологическая память (ИП) – способность иммунной системы организма после первого взаимодействия с антигеном специфически отвечать на его повторное введение. Иммунологическая память позволяет ещё более эффективно защищать организм при следующей встрече с этим возбудителем. Это важнейшее свойство иммунного ответа.

Различают иммунологическую память позитивную и негативную.

Позитивная ИП проявляется как ускоренный и усиленный специфический ответ на повторное введение антигена.

Негативная ИП представляет и себя естественную и приобретённую иммунологическую толерантность, проявляющаяся ослабленным ответом или его полным отсутствием, как на первое, так и на повторное введение антигена.

Характеристика центральных органов иммунной системы

Иоффе и Куртис (1970 г.) объединили лимфоидную и кроветворную системы в единый *лимфо-миелоидный комплекс*, представляющий собой систему органов и тканей, паренхима которых содержит клетки мезенхимального происхождения. В него входят: костный мозг, тимус, селезёнка, лимфатические узлы, лимфоидная ткань кишечника и соединительная ткань.

Функциональное значение комплекса заключается в обеспечении кроветворения (миелопоэза) и формирование клеток иммунной системы (лимфопоэза).

Среди органов и тканей комплекса имеются истинно лимфоидные образования, в которых происходит только *лимфопоэз* (тимус, лимфатические узлы, лимфоидная ткань кишечника) и «смешанные» образования, где представлен как *лимфо-*, так и *миелопоэз* (костный мозг, селезёнка)

Среди органов иммунной системы различают:

1. Центральные (первичные), в которых образуются, развиваются и созревают иммунные клетки. К ним относятся: вилочковая железа или тимус (для развития и созревания Т-лимфоцитов), костный мозг (образует все иммунные клетки, в том числе в нём развиваются и созревают В-лимфоциты), бурса – только у птиц (сумка Фабрициуса).

2. Периферические (вторичные), к которым мигрируют иммунные клетки. К ним относятся: кровь, лимфа, селезёнка, лимфатические узлы и лимфатические сосуды.

3. Система лимфоэпителиальных образований: лимфоидные образования глотки, пищевода, желудка, кишечника, органов дыхания, мочевыводящих путей (рис. 12).

1. Характеристика центральных (первичных) органов иммунной системы

1.1. Костный мозг является одновременно органом кроветворения и органом иммунной системы. Костный мозг – единственная ткань взрослого организма, в норме содержащая большое

количество незрелых, недифференцированных и низкодифференцированных клеток, так называемых стволовых клеток, близких по строению к эмбриональным клеткам.

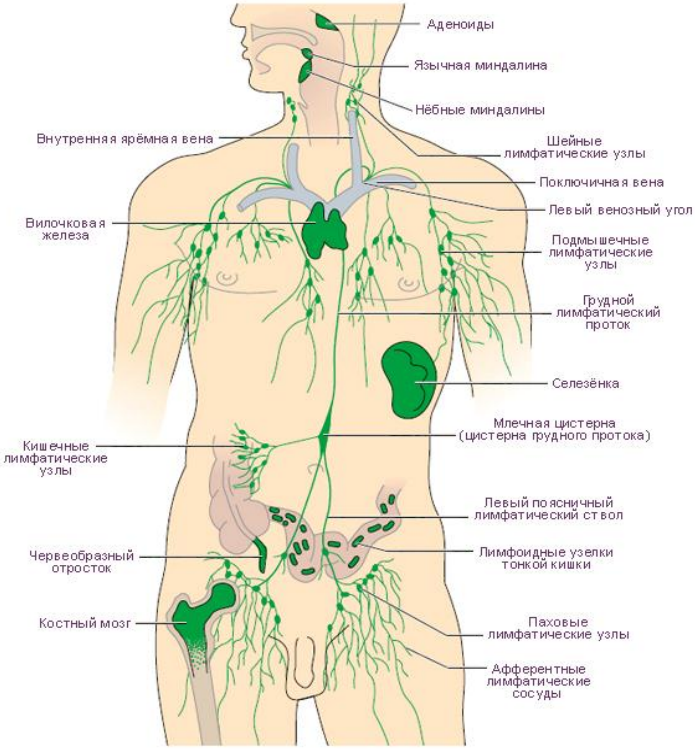


Рис. 12. Иммунная система человека

Различают красный и жёлтый костный мозг.

Красный костный мозг – центральный гемопоэтический орган. В нем находится основная часть стволовых кроветворных клеток и происходит развитие клеток миелоидного и лимфоидного рядов, осуществляется антигеннезависимая дифференцировка В-лимфоцитов.

Он располагается в плоских костях (рёбрах, грудине, костях черепа, таза), а также в позвонках и эпифизах трубчатых костей. Остовом костного мозга служат соединительнотканные перекладины, отходящие от эндооста кости. Пространство между перекладинами заполнено ретикулярной тканью, в ячейках которой

размещаются стволовые кроветворные клетки, имеющие форму малых лимфоцитов, а также различные формы созревающих кровяных клеток миелоидного кроветворения (эритробласты, миелоциты, мегакариоциты, а также их предшественники).

В норме костный мозг защищён барьером иммунологической толерантности с целью недопущения уничтожения незрелых и созревающих клеток собственными лимфоцитами организма. При нарушении иммунологической толерантности лимфоцитов к клеткам костного мозга развиваются *аутоиммунные цитопении* (такие как аутоиммунные тромбоцитопении, аутоиммунные лейкопении), апластическая анемия. Цитопении представляют собой дефицит одного или нескольких различных видов клеток крови. Апластическая анемия – заболевание кроветворной системы, относящееся к категории миелодисплазий и выражающееся в резком угнетении или прекращении роста и созревания всех трёх клеточных линий в костном мозге, или так называемом панмиелофтизе. Для апластических анемий характерна выраженная панцитопения – анемия, лейкопения, тромбоцитопения и лимфопения.

Основное назначение костного мозга – продукция клеток крови и лимфоцитов. По функциональному назначению в красном костном мозге различают миелоидную (гемоцитопоэтическую) и лимфоидную ткани, из которых идёт образование клеток крови, моноцитов и В-лимфоцитов.

В кроветворной ткани костного мозга выделяют несколько ростков гемопоэза (так же называемых клеточными линиями, англ. *cell lines*), количество которых увеличивается по мере созревания. Развитие клеточных элементов костного мозга начинается от *полипотентной* (клетки-предшественника) *стволовой кроветворной клетки* – (СКК) или *колониеобразующих элементов* – (КОЭ), дающих начало шести росткам дифференцировки:

1) *Мегакариоцитарному*, заканчивающемуся образованием тромбоцитов. Мегакариоциты – это гигантские клетки костного мозга, имеющие крупное ядро. От них отшнуровываются тромбоциты, представляющие собой фрагменты цитоплазмы мегакариоцитов, окруженные мембраной.

2) *Эритроцитарному*, с формированием безъядерных, переносящих кислород эритроцитов крови.

3) *Гранулоцитарному,* с тремя дополнительными направлениями дифференцировки, приводящими к образованию трёх

самостоятельных клеточных типов: базофилов, эозинофилов, нейтрофилов. Эти клетки непосредственно участвуют в процессах воспаления и фагоцитоза, являясь, таким образом, неспецифической защитой от патогенов. Гранулоциты, или зернистые лейкоциты – это подгруппа белых клеток крови, характеризующихся наличием крупного сегментированного ядра и присутствием в цитоплазме специфических гранул.

4) *Моноцитарно-макрофагальному*, образование моноцитов, мигрирующих в кровь. Окончательно зрелые формы в виде тканевых макрофагов локализуются в различных органах и тканях, где и получили свои названия:

- гистиоциты соединительной ткани (клетки рыхлой соединительной, ткани, разновидность макрофагов у позвоночных). Образуются из стволовых кроветворных клеток и относятся к системе одноядерных фагоцитов;
- звёздчатые ретикулоциты печени (клетки-предшественники эритроцитов в процессе кроветворения, составляющие около 1% от всех циркулирующих в крови эритроцитов);
- макрофаги селезёнки;
- макрофаги лимфатических узлов;
- клетки микроглии нервной ткани и др.

Моноциты (или макрофаги) – одна из форм белых незернистых кровяных клеток – агранулоцитов. Образуются в костном мозге, имея обычно бобовидное ядро и слабобазофильную цитоплазму.

5) *Т-клеточному*, формирование от лимфоидной стволовой клетки предшественника Т-клеток (пре Т-клеток) для дальнейшего основного процесса созревания различных субпопуляций клоноспецифических Т-клеток, происходящих в тимусе.

6) *В-клеточному*, в отличие от Т-клеточного направления развития В-клеточная дифференцировка характеризуется практически полной завершённостью.

Желтый костный мозг расположен в диафизах трубчатых костей. Он представлен преимущественно жировыми клетками. В жировых клетках содержится пигмент липохром, имеющий желтый цвет. Хоть в желтом костном мозге отсутствуют кроветворные элементы, но при больших кровопотерях в нём могут появиться очаги кроветворения за счёт стволовых клеток, поступивших с

кровью и таким образом, выполняющего временно функцию кроветворного органа.

Следовательно, желтый и красный костный мозг – это два функциональных состояния одного кроветворного органа.

1.2. Тимус (вилочковая или зобная железа)

Тимус (вилочковая железа) – орган лимфопоэза человека и многих видов животных, в котором происходит созревание, дифференцировка и иммунологическое «обучение» Т-клеток иммунной системы.

Тимус находится позади грудины и особенно хорошо развит у новорожденных и растущих детей. Вилочковая железа представляет собой небольшой орган розовато-серого цвета, мягкой консистенции, поверхность её дольчатая. У новорождённых его размеры составляют в среднем 5 см в длину, 4 см в ширину и 6 см в толщину, масса – около 15 граммов. Рост органа продолжается до начала полового созревания (в это время его размеры максимальны – до 7,5-16 см в длину, а масса достигает 20-37 граммов). После половой зрелости тимус подвергается атрофии (инволюции) и в старческом возрасте едва отличим от окружающей его жировой ткани, т.е. ею замещается. В 75 лет средняя масса тимуса составляет всего 6 грамм.

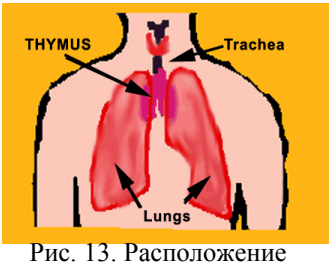


Рис. 13. Расположение вилочковой железы

Тимус расположен в верхней части грудной клетки, сразу за грудиной (верхнее средостение). Состоит из двух неодинаковых по форме и размеру долей, которые плотно прижаты друг к другу (рис. 13, 14).

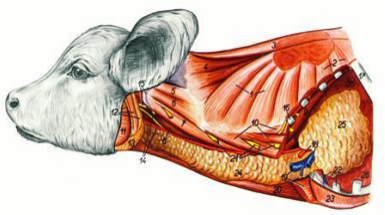


Рис. 14. Тимус новорождённого телёнка

Снаружи тимус покрыт капсулой из соединительной ткани, от которой в глубину отходят перемычки, делящие его на маленькие дольки.

В вилочковой железе различают наружное более темное *корковое*

вещество, где господствуют лимфоциты, и центральное, светлое *мозговое вещество*, где располагаются железистые клетки (рис. 15).

Зобная железа хорошо развита у новорождённых и молодых животных. Она состоит из непарного грудного отдела, лежащего впереди сердца, и парного шейного отдела, проходящего в виде выростов по бокам трахеи. С возрастом железа начинает рассасываться, а затем исчезает.

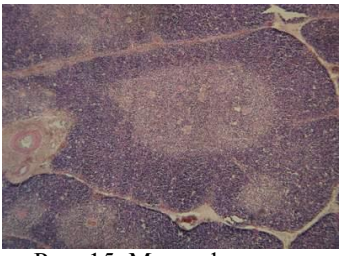


Рис. 15. Микрофотография тканей вилочковой железы

Главной функцией тимуса является выработка Т-лимфоцитов и гормонов: тимозина, тималина, тимопоэтина, тимусного гуморального фактора – все они являются белками (полипептидами). Из тимуса в периферические лимфоидные ткани мигрирует около 5% новообразующихся лимфоцитов. Клеточный состав тимуса полностью обновляется за 4-6 дней.

При гипофункции тимуса – снижается иммунитет, т.к. снижается количество Т-лимфоцитов в крови.

Развитие Т-лимфоцитов

Тимус является местом созревания Т-лимфоцитов. Т-лимфоциты называются так, поскольку их накопление и созревание происходит в тимусе. Незрелые предшественники Т-лимфоцитов из костного мозга мигрируют в тимус, где получают название «тимоциты» и находят наиболее благоприятное микроокружение для дальнейшего развития.

В наружном слое тимуса, который называют корковым, строму (основу) ткани составляют эпителиальные клетки, имеющие множество отростков. Своими отростками эпителиальные клетки как бы окружают, обнимают незрелые тимоциты, за что и получили образное название «клетки-няньки». По мере созревания тимоциты продвигаются из коркового слоя тимуса в глубину и попадают в мозговой слой, где встречаются с другими клетками стромы тимуса: макрофагами, дендритными клетками, фибробластами. Все эти клетки вступают в контакты с мигрирующими тимоцитами и влияют на них своими поверхностно расположенными

молекулами – антигенами и своими продуктами: гормонами и цитокинами.

Эпителиальные клетки тимуса продуцируют и секретируют белки и пептиды, получившие собирательное название «тимусные гормоны». Среди тимусных гормонов отдельные молекулы контролируют пролиферацию, дифференцировку и функции тимоцитов. Они могут также усиливать функции зрелых Т-лимфоцитов, что позволяет использовать препараты очищенных экстрактов тимуса в клинике для лечения иммунодефицитов с выраженными дефектами Т-клеток.

Контактируя с эпителиальными и другими клетками стромы тимуса, каждый тимоцит последовательно получает сигналы: пролиферации, изменения поверхностного фенотипа, перестройки (реаранжировки) генов для превращения незрелого тимоцита в функционально полноценный Т-лимфоцит.

Все процессы происходят на территории тимуса, только в различных его слоях и при участии разных стромальных клеток.

В тимусе идет постоянная пролиферация тимоцитов: из общего количества тимоцитов 20-25% клеток заново образуются ежедневно при их делении. Но самое удивительное, что только 2-5% в виде зрелых Т-лимфоцитов ежедневно покидают тимус, поступая в кровь и расселяясь в лимфоидных органах. Это значит, что (95-98%) тимоцитов ежедневно погибают в тимусе, а выживают в многоэтапном процессе развития и селекции лишь 2-5% тимусзависимых клеток.

1.3. Бурса (сумка Фабрициуса) (от лат. bursa – сумка) – является одним из центральных органов иммунной системы у птиц. У млекопитающих и у человека этой сумки нет.

Бурса располагается у птиц в области толстой кишки (клоаки), представляя собой нечто подобное человеческому аппедиксу, слепому отростку кишечника и контролирующего гуморальный иммунный ответ.

Бурса Фабрициуса заведует только теми лимфоцитами, из которых возникают плазматические клетки, вырабатывающие антитела. Эти лимфоциты в отличие от Т-лимфоцитов (тимуса) и были названы Б-лимфоцитами (от слова Bursa), то есть зависимые от бурсы. У птиц незрелые В-клетки мигрируют в бурсу, где достигают зрелости. Правда, у млекопитающих и у человека до сих пор не найден этот орган или хотя бы его аналог. Предполагают, что

функцию создания Б-лимфоцитов выполняют пейровые бляшки – небольшие скопления лимфоидной ткани, разбросанные вдоль всего кишечника, или, что более вероятно, костный мозг. У млекопитающих функцию бурсы выполняет предположительно красный костный мозг.

Сумка Фабрициуса выполняет, таким образом, главную роль – образование антител Б-лимфоцитами.

2. Характеристика периферических (вторичных) органов иммунной системы

К периферическим (вторичным) органам иммунной системы относятся:

2.1. Лимфа – (от лат. lympha – чистая вода, влага), жидкость, циркулирующая в лимфатической системе позвоночных животных и человека, являясь важным посредником между тканями и кровью.

2.2. Кровь вместе с лимфой и межклеточной жидкостью составляют внутреннюю среду организма, т.е. среду, в которой функционируют клетки, ткани и органы.

2.3. Селезёнка – крупный лимфоидный орган, отличающийся от лимфоузлов наличием большого количества эритроцитов. Располагается слева от желудка, в левом подреберье, на пути тока крови по главным магистральным сосудам. Это мощный фильтр для чужеродных белков, погибших форменных элементов и микроорганизмов, попавших непосредственно в кровоток. Селезёнка является главным источником антител при внутривенном введении антигена. Именно в ней раньше, чем в каком-либо ином органе, в ответ на введение антигенных частиц начинается синтез JgM.

Селезёнка способна продуцировать факторы, стимулирующие фагоцитоз лейкоцитами и макрофагами.

Основная иммунологическая функция селезёнки состоит в накоплении антигенов, принесенных с кровью, и в активации Т- и В-лимфоцитов, реагирующих на принесенный кровью антиген. В селезенке различают два основных типа тканей: белую и красную пульпу. Белая пульпа состоит из лимфоидной ткани, образующей вокруг артериол периартериолярные лимфоидные муфты. В муфтах имеются Т- и В-клеточные области. Т-зависимая область муфты, подобная Т-зависимой области лимфоузлов, непосредственно

окружает артериолу. В-клеточные фолликулы составляют В-клеточную область и расположены ближе к краю муфты. Именно здесь и локализуются Т- и В-лимфоциты.

Красная пульпа – ячеистая сеть, образованная венозными синусоидами, клеточными тяжами и заполненная эритроцитами, тромбоцитами, макрофагами, а также другими клетками иммунной системы. Красная пульпа является местом депонирования эритроцитов и тромбоцитов.

2.4. Лимфатические узлы составляют основную массу организованной лимфатической ткани и представляют собой биологические фильтры, которые располагаются на путях лимфатических сосудов. Располагаются в хорошо защищённых местах, в области суставов, регионально носят названия в соответствии с локализацией (подмышечные, паховые, околоушные и т.д.). Лимфатические узлы защищают организм от антигенов, проникающих через кожу и слизистые оболочки.

Благодаря своему местоположению они контролируют лимфу, приходящую с периферии. Лимфатические узлы около органов, которые первыми принимают лимфу от органа или ограниченной области, называют *регионарными лимфатическими узлами.* Лимфатические узлы, которые находятся после них и получают лимфу от нескольких региональных лимфатических узлов, называют *собирающими лимфатическими узлами.*

Лимфоидная ткань узла делится на корковый слой (кору) и мозговое вещество (медулу) (рис. 16).

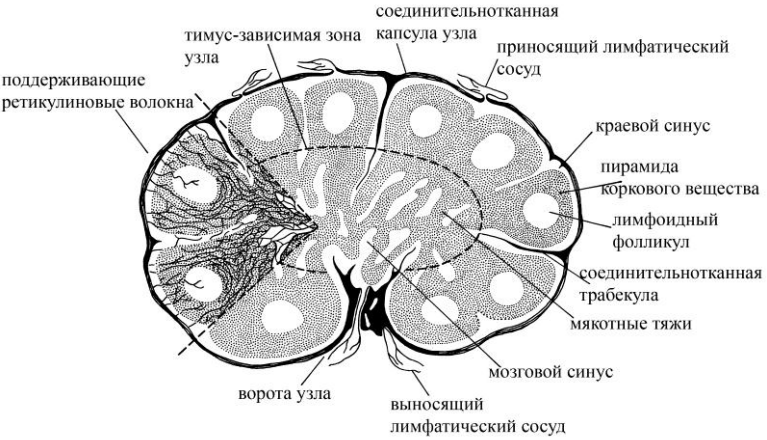


Рис. 16. Строение лимфатического узла

Корковый слой получил название *тимуснезависимой зоны,* или *В-зоны* – места концентрации В-клеток, мигрирующих сюда из костного мозга. Территория узла на границе между корой и медуллой (паракортикальная зона) называется *тимусзависимой зоной*, или *Т-зоной*. Эта часть узла колонизирована Т-клетками, поступающими сюда из тимуса.

На долю Т-клеток приходится 65%, а на долю В-клеток – около 28% от общего количества всех лимфоцитов узла. В центрах размножения помимо В-лимфоцитов различной степени зрелости хорошо представлены дендритные клетки, входящие в состав стромы и свободные макрофаги с выраженной фагоцитарной активностью. Все эти клетки создают реальные условия для успешного их взаимодействия при развитии иммунного ответа.

2.5. Лимфатические сосуды образуются при слиянии лимфатических капилляров и составляют систему оттока (дренажную систему) соединительной ткани. По ним в венозную кровь возвращается тканевая жидкость, которая покинула кровеносные сосуды и достигла соединительной ткани во время транспорта веществ. Стенки лимфатических сосудов более толстые, чем стенки лимфокапилляров.

По лимфатическим сосудам образовавшаяся в капиллярах лимфа вместе с содержащимися в ней веществами течет к соответствующим данному органу или части тела лимфатическим узлам, а от них – к крупным лимфатическим сосудам – стволам и протокам. Лимфатические сосуды могут служить путями распространения инфекции и опухолевых клеток.

3. Система лимфоэпителиальных образований

3.1. Лимфоидные образования глотки – это 6 миндалин лимфоидного глоточного кольца (у входа в глотку): миндалина языка, две нёбные миндалины, две трубные и одна глоточная. Каждая миндалина – это довольно крупное скопление лимфоидной ткани, поверхность которой неровная, как будто изрыта оврагами – складками или криптами. Они задерживают частички пищи, пыли и т.д. Микроорганизмы, попадая сюда, могут размножаться, что служит сигналом для запуска иммунологических реакций.

3.2. Лимфоидные образования пищевода: в толще складок слизистой оболочки пищевода расположены лимфоидные узелки. Находясь на пути пищевых масса, следовательно, антигенного воздействия, лимфоидные узелки осуществляют контроль и защиту стенок органа от генетически чужеродного материала.

3.3. Лимфоидные образования желудка, в них обнаруживаются лимфоциты, относящиеся к В- и Т-популяциям, плазматические клетки и макрофаги.

3.4. Лимфоидные образования кишечника: строение и иммунологическая функция этого органа соответствует физиологическому назначению тонкой и толстой кишок. Включает в себя лимфоидные (пейеровы бляшки), одиночные лимфоузелки, диффузно расположенные лимфоциты. У начала толстой кишки располагается червеобразный отросток с его лимфоидными узелками.

3.5. Лимфоидные образования органов дыхания: в его стенках, на которые вместе с воздухом попадают чужеродные частицы имеется хорошо развитый аппарат иммунной защиты в виде скоплений лимфоидной ткани в слизистой оболочке гортани, трахеи и бронхов под покровным эпителием, а также рассеянные в слизистой оболочке довольно многочисленные клетки лимфоидного ряда.

3.6. Лимфоидные образования мочевыводящих путей: лимфоидные скопления (узелки) в стенках мочевыводящих путей выполняют «сторожевые» функции по отношению к тем чужеродным веществам, которые попадают в них извне по восходящим путям или образуются в верхних их отделах.

Из всех органов иммунной системы только для тимуса характерна возрастная инволюция. Костный мозг не претерпевает подобных возрастных изменений, если не считать накопления жировых отложений. Не наблюдается возрастной инволюции ни в селезенке, ни в лимфоузлах.

Контрольные вопросы

1. Понятие иммунной системы и иммунологической памяти.
2. Характеристика центральных (первичных) органов иммунной системы.
3. Особенности развития Т-лимфоцитов.
4. Характеристика периферических (вторичных) органов иммунной системы.

5. Характеристика системы лимфоэпителиальных образований.

ЗАНЯТИЕ №7

Механизмы иммунитета

***Цель занятия*:** изучить терминологическое разнообразие антигенов, их свойства; изучить понятие антител или иммуноглобулинов, их структуру и функции.

Терминологическое разнообразие антигенов. Свойства антигенов

Антигены – генетически чужеродные вещества, которые при внедрении в организм способны стимулировать иммунный ответ (клеточную реакцию, образование антител, аллергию, толерантность) и специфически реагировать с образовавшимися антителами как in vivo, так in vitro (рис. 17).

Антиген должен быть чужеродным веществом для данного вида животного, иначе образование им специфических антител не произойдет. При определенных условиях (мутации, различные повреждающие действия) чужеродными могут стать и собственные клетки организма. Антиген вызывает в организме образование антител и реагирует с образовавшимися антителами, как в живом организме, так и в пробирке. Антигенами могут быть белки, полисахариды, полипептиды, липополисахариды или нуклеиновые кислоты, клетки другого организма, микробы и продукты их жизнедеятельности.

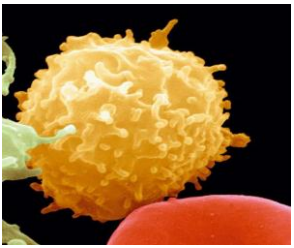


Рис. 17. Антиген

Виды антигенов

1) Полноценные или полные (иммуногенные) антигены: вызывают в организме синтез антител или сенсибилизацию (повышенную чувствительность) лимфоцитов и вступают с ними в реакцию как in vivo, так и in vitro. Для полноценных антигенов характерна строгая специфичность, т.е. они вызывают в организме выработку только специфических антител, вступающих в реакцию только с

данным антигеном. К таким антигенам относят белки животного, растительного и бактериального происхождения.

2) Неполноценные или неполные антигены (гаптены): представляют собой сложные углеводы, липиды и другие вещества, не способные вызывать образование антител, но вступающие с ними в специфическую реакцию. Гаптены приобретают свойства полноценных антигенов лишь при условии введения их в организм в комплексе с белком. Типичными представителями гаптенов являются липиды, полисахариды, нуклеиновые кислоты.

Таким образом, полные (иммуногенные) всегда проявляют иммуногенные и антигенные свойства, и неполные (гаптены) не способны самостоятельно вызывать иммунный ответ.

Гаптены обладают антигенностью, что обусловливает их специфичность, способность избирательно взаимодействовать с антителами или рецепторами лимфоцитов, что определяет иммунологическими реакциями. Гаптены могут стать иммуногенными при связывании с иммуногенным носителем (например, белком), т.е. они становятся полными.

3) Аутоантигены – (греч. «autos» – сам) составная часть сложных слов, означающая «сам», «тот же самый», «свой», «собственный». *Аутоантигены* – свободные или входящие в состав клеток, органов и тканей высших животных молекулы веществ, которые при определенных условиях распознаются иммунной системой как чужеродные и в связи с этим вызывают клеточный или гуморальный иммунный ответ со стороны своего организма.

Иногда белки собственных тканей (сердца, печени, почек и др.) при соединении с бактериальным белком, токсинами и ферментами бактерий, лекарственными веществами, под влиянием физических факторов (облучение, ожог и др.) изменяют свои физико-химические свойства и становятся чужеродными для собственного организма. На эти антигены организм вырабатывает антитела, т.е. возникают аутоиммунные болезни.

К аутоантигенам относятся:

• белки, синтез которых начинается после созревания иммунной системы (к примеру, входящих в состав спермы или материнского молока);

• макромолекулы органов, отделённых от иммунной системы гистогематическим барьером.

К ним относят следующие барьеры:

• *гематоэнцефалический* (*гемато- + анат. encephalon – головной мозг*) – гистогематический барьер между кровью, ликвором и нервной тканью;

• *гематотестикулярный* – гистогематический барьер между кровью и сперматогенным эпителием.

4) Антигены бактерий по локализации подразделяют на следующие виды:

• капсульные или поверхностные К-антигены – (К);

• соматические или О-антигены – (О);

• жгутиковые или Н-антигены (белковые) – (Н);

• антигены экзопродуктов. В свою очередь К-антигены разделяют на термолабильные и термостабильные антигены.

Капсульные антигены представлены белками, полисахаридами.

Соматические антигены расположены не только в цитоплазме, а в основном на поверхности микробной клетки, имеют разнообразный химический состав, отличаются термостабильностью.

Жгутиковые антигены представляют собой термолабильные белковые комплексы жгутиковых.

Антигены экзопродуктов включают метаболиты бактериальной клетки, среди которых наиболее полно изучены экзотоксины.

Все типы антигенов у многих видов патогенных микробов отличаются неоднородностью. На этом основании их подразделяют на варианты обозначаемые цифрами или буквами. Полная антигенная формула включает все обнаруженные у данного штамма микроорганизма варианты антигенов. Например, у кишечной палочки может быть такая антигенная формула: 0 17: К 6: Н 5.

Среди бактериальных антигенов выделяют так называемые протективные или антигены главного действия, защитные антигены. Выработанные на них антитела защищают организм от данного микроба. Очищенные протективные антигены могут быть «идеальными» вакцинными препаратами.

Кроме того, выделяют:

• *протективные антигены*, обеспечивающие защиту (протекцию) против соответствующих инфекций, что используется для создания вакцин;

• *суперантигены* (некоторые экзотоксины, например, стафилококковый) вызывают чрезмерно сильную иммунную реакцию,

часто приводят к побочным реакциям, развитию иммунодефицита или аутоиммунных реакций.

Антигены гистосовместимости

При пересадках органов возникает проблема совместимости тканей, связанная со степенью их генетического родства, реакциями отторжения чужеродных аллогенных и ксеногенных трансплантатов, т.е. проблемами трансплантационного иммунитета. Существует ряд тканевых антигенов. Трансплантационные антигены во многом определяют индивидуальную антигенную специфичность организма. Совокупность генов, определяющих синтез трансплантационных антигенов, получила название главной системы гистосовместимости. У людей она часто называется системой HLA (Human leucocyte antigens), в связи с четким представительством на лейкоцитах трансплантационных антигенов. Гены этой системы расположены на коротком плече хромосомы С6. Система HLA – это система сильных антигенов, что определяет его биологическую индивидуальность и позволяет различать «чужое – несовместимое».

Свойства антигенов

Для антигенов характерны три важнейших свойства: *иммуногенность*, *специфичность* и *антигенность*.

1) Иммуногенность – способность антигена вызывать иммунный ответ. Степень иммуногенности зависит от следующих факторов: молекулярного веса, подвижности молекул антигена, формы, структуры, способности к изменению, вид животного и его генетическая конституция).

Существенное значение имеет степень гетерогенности антигена, т.е. чужеродность для данного вида (макроорганизма), степени эволюционной дивергенции молекул, уникальности и необычности структуры. Чужеродность определяется также молекулярной массой, размерами и строением биополимера, его макромолекулярностью и жесткостью структуры. Белки и другие высокомолекулярные вещества с более высоким молекулярным весом наиболее иммуногенны. Большое значение имеет жесткость структуры, что связано с наличием ароматических колец в составе аминокислотных последовательностей. Последовательность аминокислот в

полипептидных цепочках – это генетически детерминированный признак.

2) Специфичность антигена – это способность антигена избирательно реагировать с антителами или сенсибилизированными лимфоцитами, которые появились в результате иммунизации.

За специфичность антигена ответственны определённые участки его молекулы, называемые детерминантами (или эпитопами).

Детерминанта – область молекулы антигена, к которой выработаны специфические антидетерминанты (активные центры антител). Специфичность выражается в том, насколько точно антигенная детерминанта «привязана» к антиген-связующему центру (антидетерминанте).

3) Антигенность – способность антигена избирательно взаимодействовать со специфическими антителами или антиген-распознающими рецепторами лимфоцитов.

Природа иммуноглобулинов (антител), их функции и структура

В ответ на введение антигена иммунная система вырабатывает антитела – белки, способные специфически соединяться с антигеном, вызвавшим их образование, и таким образом участвовать в иммунологических реакциях (рис. 18).

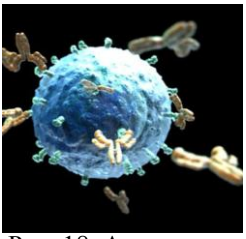


Рис. 18. Антитело

Антитела представляют собой глобулины, специфически реагирующие с антигеном, который определил их образование. Таким образом, они и называются иммуноглобулинами (Immunoglobulin**)**. С 1964 г. антитела принято называть иммуноглобулинами.

Антитела относятся к γ-глобулинам, т.е. наименее подвижной в электрическом поле фракции белков сыворотки крови. В организме γ-глобулины вырабатываются особыми клетками – плазмоцитами.

γ-глобулины, несущие функции антител, получили название иммуноглобулинов и обозначаются символом Ig. Следовательно, антитела — это иммуноглобулины, вырабатываемые в ответ на введение антигена и способные специфически взаимодействовать с этим же антигеном.

В норме иммуноглобулины расположены на поверхности В-лимфоцитов, присутствуют в сыворотке крови, в тканевой жидкости, а также в секретах, вырабатываемых железами слизистых оболочек. Таким образом, различные классы антител обеспечивают всестороннюю защиту организма от заболеваний, представляя так называемый гуморальный иммунитет.

Гуморальным иммунитетом называется та часть иммунной системы, которая осуществляет свою функцию в жидких средах теплокровного организма. Следовательно, антитела выполняют свою работу в крови, межтканевых жидкостях и на поверхности слизистых оболочек.

Функции иммуноглобулинов (антител)

Первичная функция состоит во взаимодействии их активных центров с комплементарными антигенами.

Вторичная функция состоит в их способности:

• связывать антиген с целью его нейтрализации и элиминации из организма, т. е. принимать участие в формировании защиты от антигена образуя иммунный комплекс;

• участвовать в распознавании «чужого» антигена (микроорганизма или его токсина);

• обеспечивать кооперацию иммунокомпетентных клеток (макрофагов, Т- и В-лимфоцитов);

• иммуноглобулин против перенесенных заболеваний длительно (иногда – пожизненно) сохраняется в организме, что защищает его от повторного инфицирования;

• участвовать в различных формах иммунного ответа (фагоцитоз, киллерная функция, реакциях гиперчувствительности немедленного типа – ГНТ, реакциях гиперчувствительности замедленного типа – ГЗТ, иммунологическая толерантность, иммунологическая память).

Кроме того, для иммуноглобулинов характерна *вариабельность*, т.е. возможность существования большого количества различных форм антител (например, у человека до 10^8 вариантов антител).

Структура иммуноглобулинов (антител)

Белки иммуноглобулинов по химическому составу относятся к гликопротеидам, так как состоят из протеина и сахаров;

построены из 18 аминокислот. Имеют видовые отличия, связанные главным образом с набором аминокислот. Их молекулы имеют цилиндрическую форму, они видны в электронный микроскоп. Устойчивы к слабым кислотам, щелочам, нагреванию до 60°С. Выделить иммуноглобулины из сыворотки крови можно физическими и химическими методами (электрофорез, изоэлектрическое осаждение спиртом и кислотами, высаливание, аффинная хроматография и др.). Эти методы используют в производстве при приготовлении иммунобиологических препаратов.

Молекулы всех классов иммуноглобулинов имеют сходное строение. Разберем их строение на примере молекулы IgG. Это сложные белки, которые являются гликопротеинами и обладают четвертичной структурой. Схема строения молекулы иммуноглобулина представлена на рисунке 19.

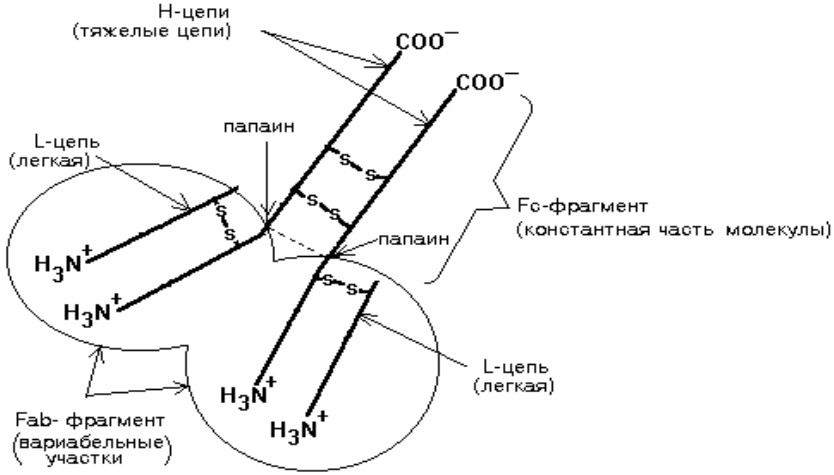


Рис. 19. Строение иммуноглобулина G

В состав белковой части иммуноглобулина входят всего 4 полипептидные цепи: 2 одинаковые легкие – (L-цепи) и 2 одинаковые тяжелые цепи – (Н-цепи). С помощью дисульфидных (-S-S-) связей (мостиков) тяжелые цепи соединены между собой, и легкие цепи также удерживаются около тяжелых цепей.

Если раствор иммуноглобулина обработать протеолитическим ферментом папаином, то молекула иммуноглобулина гидролизует-

ся с образованием 2-х вариабельных участков – (Fab-фрагмент) и одной константной части – (Fc-фрагмент).

Легкая цепь, начиная с N-конца, и такой же по длине участок H-цепи формируют *вариабельный участок* – ***Fab-фрагмент***. Аминокислотный состав Fab-фрагмента очень сильно различается у разных иммуноглобулинов. Fab-фрагмент может связываться с соответствующим антигеном слабыми типами связей. Именно этот участок обеспечивает специфичность связи иммуноглобулина со своим антигеном.

В пределах молекулы иммуноглобулина выделяют также ***Fc-фрагмент*** – константная (одинаковая) для всех иммуноглобулинов часть молекулы. Формируется за счет тяжёлых H-цепей. Есть участки, взаимодействующие с первым компонентом системы комплемента (или с рецепторами на поверхности определенного типа клеток). Кроме того, Fc-фрагмент обеспечивает иногда прохождение иммуноглобулина через биологическую мембрану, например, через плаценту. Взаимодействие Fab-фрагмента со своим антигеном приводит к значительному изменению конформации (пространственному расположению) всей молекулы иммуноглобулина. При этом становится доступным тот или иной участок в пределах Fc-фрагмента. Взаимодействие этого открывшегося центра с первым компонентом системы комплемента или с рецепторами клетки приводит к образованию иммунного комплекса «антиген-антитело».

Синтез иммуноглобулинов значительно отличается от синтеза других белков. Каждая из L-цепей кодируется группой из 3-х различных генов, а H-цепь – четырьмя генами. Таким образом, обеспечивается огромное разнообразие структуры антител, их специфичность к различным антигенам. В организме человека потенциально возможен синтез приблизительно 1 миллиона различных антител.

Типовой структурой молекулы иммуноглобулина является IgG. Остальные классы иммуноглобулинов отличаются от IgG дополнительными элементами организации их молекулы.

В ответ на введение любого антигена могут вырабатываться антитела всех пяти классов. Обычно вначале вырабатывается IgM, затем IgG, остальные – несколько позже.

Характеристика классов белков иммуноглобулинов (антител)

У большинства млекопитающих обнаружено 5 классов иммуноглобулинов: **IgM, IgG, IgA, IgE, IgD** (рис. 20) которые различаются по размерам молекул, заряду, аминокислотному составу и содержанию углеводов. Помимо различий между классами, существует и весьма значительная гетерогенность в пределах каждого класса. Так, по электрофоретическим свойствам иммуноглобулины настолько разнообразны, что встречаются во всех фракциях нормальной сыворотки.

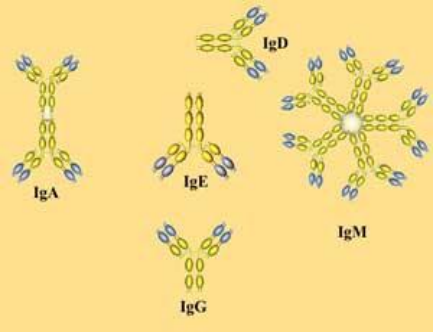


Рис. 20. Антитела разных классов

Иммуноглобулины M, G, A имеют подклассы. Например, IgG имеет четыре подкласса ($IgG_{,1}$ IgG_2, IgG_3, IgG_4). Все классы и подклассы различаются по аминокислотной последовательности. Принадлежность иммуноглобулина к определенному классу и подклассу определяется структурой тяжелой цепи. У каждого класса иммуноглобулинов свой набор функций.

Разнообразие классов и подклассов иммуноглобулинов обусловлено изотипической изменчивостью их молекул. В процессе эволюции подклассы иммуноглобулинов возникли, по-видимому, позже классов.

Иммуноглобулины класса M

Наиболее крупная молекула из всех Ig. Период полураспада IgM – 5 дней. На его долю приходится около 5-10% всех сывороточных Ig. Среднее содержание IgM в сыворотке крови здорового взрослого человека составляет около 1 г/л. Этот уровень у человека достигается уже к 2-4-летнему возрасту. Доминирует в качестве «ранних» антител, чаще всего при иммунном ответе на сложные по антигенному составу патогенные микроорганизмы.

IgM филогенетически – наиболее древний иммуноглобулин. Синтезируется предшественниками и зрелыми В-лимфоцитами. Образуется в начале первичного иммунного ответа, также первым

начинает синтезироваться в организме новорожденного – определяется уже на 20-й неделе внутриутробного развития.

Обладает высокой *авидностью* (стабильностью), наиболее эффективный активатор комплемента по классическому пути. Участвует в формировании *сывороточного и секреторного гуморального иммунитета*. Являясь полимерной молекулой, содержащей J-цепь, может образовывать секреторную форму и выделяться в секрет слизистых, в том числе в молоко. Большая часть нормальных антител и изоагглютининов относится к IgM.

Не проходит через плаценту. IgM обеспечивает нейтрализацию, опсонизацию и маркирование антигена, осуществляет запуск комплемент-опосредованного цитолиза и антителозависимой клеточно-опосредованной цитотоксичности.

Иммуноглобулины класса G

Составляет основную массу Ig сыворотки крови. На его долю приходится 70-80% всех сывороточных Ig, при этом 50% содержится в тканевой жидкости. Среднее содержание IgG в сыворотке крови здорового взрослого человека 12 г/л. Период полураспада IgG – 21 день.

IgG является мономером и имеет 2 антигенсвязывающих центра (может одновременно связать 2 молекулы антигена. Различают подтипы G_1, G_2, G_3 и G_4. Синтезируется зрелыми В-лимфоцитами и плазматическими клетками. Хорошо определяется в сыворотке крови на пике первичного и при вторичном иммунном ответе.

Обладает высокой *аффинностью* (степенью сродства, как, например, «ключ к замку»). IgG_1 и IgG_3 связывают комплемент, причем G_3 активнее, чем G_1. IgG_4, подобно IgE, обладает *цитофильностью* (тропностью, или сродством, к тучным клеткам и базофилам) и участвует в развитии аллергической реакции I типа. В иммунодиагностических реакциях IgG может проявлять себя как неполное антитело.

Легко проходит через плацентарный барьер и обеспечивает *гуморальный иммунитет новорожденного* в первые 3-4 месяца жизни. Способен также выделяться в секрет слизистых, в том числе в молоко путем диффузии. У млекопитающих тех видов, для которых характерна передача материнского иммуноглобулина потомству только после рождения, например у свиньи, lgG, посту-

пающий с молоком, избирательно проникает из желудочно-кишечного тракта в кровоток новорожденного.

IgG обеспечивает нейтрализацию, опсонизацию и маркирование антигена, осуществляет запуск комплемент-опосредованного цитолиза и антителозависимой клеточно-опосредованной цитотоксичности.

Иммуноглобулины класса А

Существует в сывороточной и секреторной формах. Около 60% всех IgA содержится в секретах слизистых.

Сывороточный IgA: на его долю приходится около 10-15% всех сывороточных Ig. В сыворотке крови здорового взрослого человека содержится около 2,5 г/л IgA, максимум достигается к 10-летнему возрасту. Период полураспада IgA – 6 дней.

Различают подтипы A_1 и A_2. Синтезируется зрелыми В-лимфоцитами и плазматическими клетками. Хорошо определяется в сыворотке крови на пике первичного и при вторичном иммунном ответе. Обладает высокой аффинностью. Может быть неполным антителом. Не связывает комплемент. Не проходит через плацентарный барьер.

IgA обеспечивает нейтрализацию, опсонизацию и маркирование антигена, осуществляет запуск антителозависимой клеточно-опосредованной цитотоксичности.

Секреторный IgA: в отличие от сывороточного, секреторный sIgA существует в полимерной форме в виде ди- или тримера (4- или 6-валентный) и содержит J- и S-пептиды.

Синтезируется зрелыми В-лимфоцитами и их потомками – плазматическими клетками соответствующей специализации только в пределах слизистых и выделяется в их секреты. Объем продукции может достигать 5 г в сутки. Пул sIgA считается самым многочисленным в организме – его количество превышает суммарное содержание IgM и IgG. В сыворотке крови не обнаруживается.

Секреторная форма IgA – основной фактор специфического гуморального местного иммунитета слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы и респираторного тракта. Благодаря S-цепи он устойчив к действию протеаз. sIgA не активирует комплемент, но эффективно связывается с антигенами и нейтрализует их. Он препятствует адгезии (прилипании) микро-

бов на эпителиальных клетках и генерализации инфекции в пределах слизистых.

Иммуноглобулины класса E

Данный класс иммуноглобулинов называют также *реагином*. Содержание в сыворотке крови крайне невысоко – примерно 0,00025 г/л. Обнаружение требует применения специальных высокочувствительных методов диагностики. На его долю приходится около 0,002% всех циркулирующих Ig. Этот уровень достигается к 10-15 годам жизни.

Концентрация этого класса иммуноглобулинов в сыворотке крайне мала, но он выявляется на поверхностной мембране базофилов и тучных клеток у любого человека.

Синтезируется зрелыми В-лимфоцитами и плазматическими клетками преимущественно в лимфоидной ткани бронхолегочного дерева и желудочно-кишечного тракта.

Не связывает комплемент. Не проходит через плацентарный барьер. Обладает выраженной цитофильностью – тропностью к тучным клеткам и базофилам.

Иммуноглобулины класса D

Этот класс иммуноглобулинов составляет менее 1% всех иммуноглобулинов плазмы, но обильно представлен на мембране многих В-клеток. Биологическая роль данного класса иммуноглобулинов до конца не известна. Предположительно он участвует в антиген-зависимой дифференцировке лимфоцитов.

Не связывает комплемент. Не проходит через плацентарный барьер. Является рецептором предшественников В-лимфоцитов.

Контрольные вопросы

1. Терминологическое разнообразие антигенов. Свойства антигенов.
2. Антигены гистосовместимости.
3. Свойства антигенов.
4. Природа иммуноглобулинов (антител), их функции и структура.
5. *Функции иммуноглобулинов (антител)*
6. Структура иммуноглобулинов (антител).
7. Характеристика классов белков иммуноглобулинов (антител): IgM, IgG, IgA, IgE, IgD.

ЗАНЯТИЕ №8

Онтогенез иммунной системы. Реакции гиперчувствительности

***Цель занятия*:** изучить особенности становления иммунной системы; изучить понятия реакций гиперчувствительности двух видов, аутоиммунитет.

Особенности становления иммунной системы

1. Становление иммунной системы в эмбриогенезе

Эмбриогенез (греч. embryon – зародыш, genesis – развитие) – ранний период индивидуального развития организма от момента оплодотворения (зачатия) до рождения.

Долгое время считалось, что эмбрион иммунологически полностью некомпетентен. Разработка современных методов исследования и расширение числа видов экспериментальных животных изменило эту точку зрения. Конечно, уровень иммунной реактивности развивающихся зародышей значительно уступает половозрелым особям и, тем не менее, начальные этапы становления Т- и В-систем иммунитета проявляются очень рано.

Эмбриогенез Т-системы иммунитета

Раннее становление Т-системы в процессе внутриутробного развития выявлено у позвоночных животных, в том числе и у человека. Уже на самых ранних этапах эмбриогенеза (через 6 недель) у эмбриона человека закладывается тимус. К 7 неделе зачаток тимуса еще свободен от лимфоцитов и представляет собой лишь ретикулоэпителиальную морфологическую структуру. На 8-й неделе эпителиальный тимус заселяется лимфоцитами. Однако лимфоциты, метящиеся антисывороткой к Т-клеткам взрослых людей, обнаружены в печени 5-недельного плода, а на 7-й неделе эмбриогенеза лимфоциты этого органа вступают в реакцию СКЛ (реакция в смешанной культуре лимфоцитов), что указывает на способность таких клеток к распознаванию аллоантигенов по Т-клеточному типу.

На 10-11-й неделе внутриутробного развития в тимусе зародыша хорошо различаются корковый и мозговой слои. Число тимоцитов (лимфоцитов тимуса) на 10-й неделе беременности равно всего 15000, но уже к 13-й неделе это число увеличивается в 6 раз, а к 16-й – в 100 раз. В дальнейшем идет постепенное функциональное совершенствование Т-системы иммунитета эмбрионов. На 14-й неделе внутриутробного развития в корковом слое тимуса появляются лимфоциты с характерными показателями зрелых Т-клеток. Развивающийся тимус зародыша характеризуется интенсивной клеточной пролиферацией и увеличением массы.

Эмбриогенез В-системы иммунитета

У развивающегося эмбриона стволовые кроветворные клетки впервые обнаруживаются в желточном мешке. Желточный мешок – это орган, появляющийся у человеческого зародыша и обеспечивающий питание и дыхание плодного яйца.

Позднее основным депо стволовых элементов становится эмбриональная печень. Закладка костного мозга начинается на 7-8-й неделе внутриутробного развития. При этом как кроветворный орган он начинает функционировать только с 4-го месяца беременности. Первые В-лимфоциты появляются на 5-7-й неделе эмбриогенеза в паренхиме печени. Эти клетки характеризуются наличием цитоплазматического IgM , но при этом отсутствуют как поверхностная, так и секреторная формы этого иммуноглобулина. Полноценный синтез IgM В-клетками начинается на 10-11 неделе развития; чуть позднее – на 12-й неделе появляются В-клетки, синтезирующие IgG. На этой стадии эмбриогенеза большинство В-лимфоцитов относится к пре-В-клеткам. В условиях нормального развития плод не образует плазматических клеток. Однако они возникают при инфекционных заболеваниях матери.

2 Иммунитет новорождённых

Новорождённый организм с первых дней жизни всё больше и больше соприкасается с внешней средой во всём её разнообразии, а обменные процессы у него протекают с высокой активностью. В дыхательные пути поступает воздух, в котором могут быть посторонние частицы. Пищевые антигены, а вместе с тем и другие чужеродные вещества, и патогенные микроорганизмы воздействуют на слизистую оболочку органов пищеварения. Требуется защита и

от появляющихся в самом организме и становящихся чужеродными продуктов жизнедеятельности. Естественно, что в молодом возрасте очень рано формируются механизмы защиты от всего генетически чужеродного.

Первым критическим периодом является период новорождённости, так как организм встречается с огромным количеством антигенов.

Содержание в крови новорождённого организма Т-клеток такое же, как у взрослого организма. В то же время реакция на бактериальные антигены у новорождённых снижена и достигает нормы только к 6-12 месяцу постнатального развития. Некоторое функциональное несовершенство Т-клеток связано со сниженной продукцией интерлейкина-2 (ИЛ-2). ИЛ-2 выделяется Т-амплифайерами под воздействием ИЛ-1 и антигена; является стимулятором роста для всех видов Т-лимфоцитов и активатором К-клеток, а также подавленной киллерной активностью. Кроме того, полноценной реакции лимфоцитов на антигены у новорождённых мешает избыточный уровень супрессорных (подавляющих) Т-клеток. Супрессорные свойства лимфоцитов плода проявляются достаточно рано. Их активность в эмбриогенезе обеспечивает подавление аллогенных (чужеродных) клеток матери, проникающих в плод через плаценту.

Сохраняющийся некоторое время у новорождённого повышенный уровень супрессорных Т-клеток является своего рода онтогенетическим «атавизмом» и к 11-му месяцу постнатального развития приходит в норму.

Количество В-клеток у новорождённых такое же как и у Т-клеток и соответствует содержанию как у взрослого организма.

3. Иммунитет при старении

Подавление иммунитета с возрастом не связано со снижением абсолютного количества Т-клеток и В-клеток, но зависит от изменения их функциональной активности. Как у человека, так и у животных недостаточность Т-клеточного ответа проявляется в:

- увеличении времени отторжения трансплантата (пересаженного органа или ткани);
- снижении способности отвечать на антигены в смешанной культуре лимфоцитов;
- ослаблении силы реакции трансплантата против хозяина;

- подавлении пролиферации в ответ на Т-клеточные митогены (вещества роста).

Аналогичная картина депрессии иммунной реактивности наблюдается при развитии гуморального ответа. На фоне стабильности общего числа В-лимфоцитов продукция антител к гетерологичным антигенам значительно снижается, причем в основном страдает ответ на тимусзависимые антигены. Одним из основных факторов подавления клеточного и гуморального иммунного ответа взрослого организма является:

1) нарушение функциональной активности хелперных Т-клеток, вследствие чего помощь этих клеток при формировании как Т-, так и В-клеточного ответа оказывается недостаточной;

2) подавление активности Т-супрессоров.

Сниженная активность этих двух субпопуляций Т-клеток вносит свой вклад в развитие так называемых болезней возраста – злокачественных опухолей и аутоиммунных повреждений.

Понятие о реакциях гиперчувствительности

Гиперчувствительность – повышенная чувствительность организма к какому-либо веществу. Гиперчувствительность является нежелательной излишней реакцией иммунной системы и может привести не только к дискомфорту, но и к летальному исходу.

Р. Кук в 1947 г. впервые выделил два типа гиперчувствительности:

1) *гиперчувствительность немедленного типа*, обусловленную гуморальными иммунными механизмами и развивающуюся через 20-30 минут;

2) *гиперчувствительность замедленного типа*, обусловленную клеточными гуморальными иммунными механизмами, возникающую через 6-8 ч после контакта с антигеном.

История реакций гиперчувствительности

В конце XIX века Роберт Кох впервые наблюдал гиперчувствительность замедленного типа при введении туберкулёзных бацилл в кожу зараженного туберкулёзом животного. Такая инъекция через 1-2 суток вызывала местное воспаление с образованием гранул. В свою очередь, у интактных животных реакция была слабой и кратковременной.

В 1902 г. французский физиолог Шарль Рише и Поль Портье описали феномен анафилактического шока, выявленного ими при изучении антитоксического иммунитета к яду морской анемоны (актинии). При повторной внутривенной инъекции яда, в объёме, значительно меньшем летальной дозы, предварительно иммунизированным собакам вызывало острые системные реакции – спазмы сосудов, коллапс и гибель животного. Введение же яда в кожу не иммунизированных животных, провоцировало лишь местную воспалительную реакцию.

В то же время, французский иммунолог Морис Артюс описал одну из форм местной аллергической реакции, основываясь на своих работах с нетоксичными формами антигена. При первых инъекциях такого антигена в кожу реакции не было, либо были слабыми, однако при повторных введениях того же антигена в ряде случаев происходила интенсивная инфильтрация места инъекции полиморфноядерными лейкоцитами, геморрагическая реакция и некроз сосудов.

Широкое применение лошадиных антидифтерийных и антистолбнячных сывороток привело к выявлению ещё одного феномена. Введение этих препаратов в значительных количествах на поздних этапах лечения иногда приводило к системным реакциям – повышению температуры, высыпаниям, крапивнице, а в ряде случаев и к поражениям суставов и почек. Так как это явление было связано с образованием антител к белкам вводимой сыворотки, оно получило название сывороточной болезни.

Таким образом, гиперчувствительность – это реакция иммунной системы на воздействие различных по происхождению компонентов, проникающих в организм с пищей, воздухом, при контакте с кожным покровом или в результате медикаментозного лечения. Причиной данного заболевания считаются различные нарушения иммунных функций организма. Иммунная система реагирует на проникновение чужеродных веществ выделением антител, направленных на нейтрализацию и уничтожение аллергенов. Этот процесс сопровождается выделением гистамина с образованием отеков, воспалений и зуда кожных покровов. Тяжесть протекания реакции может быть умеренной или носить опасный характер в виде шокового состояния (анафилаксии). Реакцию повышенной чувствительности могут вызывать аллергены, такие как пыль-

ца различных растений, шерсть животных, бытовая пыль, продукты жизнедеятельности блох, пылевых клещей.

В основном, склонность к определенной гиперчувствительности является генетической и передается по наследству.

Гиперчувствительность немедленного и замедленного типов

В основе реакций немедленного типа лежит аллергия, которая является реакций повышенной чувствительности немедленного типа в ответ на ряд веществ внешней среды с антигенными свойствами.

Термин «аллергия» ввел Пирке в 1906 г. (*allos ergon* – другое действие) для обозначения изменений чувствительности к субстанциям, с которыми организм ранее контактировал. Аллергия является неадекватным проявлением чрезмерной активности иммунной системы (гиперчувствительности) и развивается при повторном поступлении аллергена в организм.

В 1969 г. Джелл и Кумбс создали классификацию типов гиперчувствительности иммунной системы, которая применяется и в настоящее время.

Реакции гиперчувствительности делятся на два основных типа: *немедленного и замедленного* типов.

1. Реакции гиперчувствительности немедленного типа (ГНТ) – это гиперчувствительность, обусловленная антителами (IgE, IgG, IgM) против аллергенов. Развивается через несколько минут или часов после воздействия аллергена: расширяются сосуды, повышается их проницаемость, развиваются зуд, бронхоспазм, сыпь, отеки. Поздняя фаза ГНТ дополняется действием продуктов эозинофилов и нейтрофилов.

Включает в себя три подтипа (по Джеллу и Кумбсу):

Подтип I – гиперчувствительность немедленного типа. В развитии реакции гиперчувствительности основную роль играют IgE-антитела.

Подтип II – опосредуется цитотоксическими антителами классов IgM и IgG совместно с комплементом. Реализуется при переливании несовместимой крови, гемолитической болезни новорожденных.

Подтип III – опосредуется иммунными комплексами. Проявляется при системной красной волчанке, ревматоидном артрите, феномене Артюса, хроническом громерулонефрите.

В основе аллергических реакций немедленного типа лежат гуморальные механизмы, приводящие к образованию антител класса IgE.

2. Реакции гиперчувствительности замедленного типа – (ГЗТ) или гиперчувствительность замедленного типа, опосредуется клетками иммунной системы (Т-лимфоцитарная активация макрофагов).

Реакции замедленного типа могут проявляться при сенсибилизации организма:

1. Микроорганизмами и микробными антигенами (бактериальными, грибковыми, протозойными, вирусными).

2. Гельминтами.

3. Природными и искусственно синтезированными гаптенами (лекарственные препараты, красители).

4. Некоторыми белками.

Следовательно, реакция замедленного типа может вызываться практически всеми антигенами. Но наиболее ярко она проявляется на введение полисахаридов, низкомолекулярных пептидов, т. е. малоиммуногенных антигенов. При этом реакцию вызывают малые дозы антигенов и лучше всего при внутрикожном введении.

Реакция замедленной гиперчувствительности осуществляется при непосредственном контакте лимфоцита с антигеном. Если антиген является компонентом какой-нибудь клетки, то прикрепление к этой клетке Т- или В-киллера приводит к гибели «клетки-мишени». При контакте с антигеном Т-лимфоциты вырабатывают лимфокины, которые представляют собой биологически активные вещества. С помощью лимфокинов Т-лимфоциты управляют функцией других лейкоцитов.

Аллергические реакции замедленного типа (гиперчувствительность замедленного типа) проявляются через 24-72 часа. В основе многих аллергических реакций замедленного типа лежат клеточные механизмы, приводящие к активации макрофагов.

Аутоиммунитет

Аутоиммунитет – один из механизмов поддержания гомеостаза. Аутоиммунитет проявляется в способности иммунной системы распознавать и атаковать клетки собственного организма. В норме иммунная система не реагирует на клетки и ткани своего организма. В 80-х гг. 20 в. показано, что аутоиммунитет лежит не

только в основе аутоиммунных заболеваний, но может быть связан и с выполнением нормальных физиологических функций, например, с удалением старых и разрушенных клеток.

Аутоиммунитет (аутоиммунное заболевание) – это состояние, при котором иммунная система начинает воспринимать «свои» ткани как чужеродные и атакует их. Аутоиммунитет является зеркальным отражением толерантности, демонстрируя утрату организмом толерантности к «своим» антигенам.

В норме иммунная система сдерживает аутореактивность лимфоцитов с помощью регуляторных механизмов. Нарушение их может привести к аутоиммунной патологии. Аутоиммунная патология: аллергия и полиартриты (воспаления суставов) часто развиваются у больных с дефицитом антителообразования. При комбинированных дефектах Т- и В-клеток высок риск возникновения опухоли.

Термин «аутоиммунитет» является общеупотребимым для определения состояний, при которых индивид становится жертвой собственного иммунного ответа.

Известные аутоиммунные патологические расстройства можно классифицировать по основному механизму иммунологических процессов, включённых в их развитие:

1) группа заболеваний, обусловленная антителами к антигенам собственных клеток или межклеточного матрикса;

2) заболевания, вызванные патогенным действием иммунных комплексов – аутоантител с антигенами организма;

3) заболевания, причиной которых являются аутоантиген-специфические Т-клетки.

Контрольные вопросы

1. Особенности становления иммунной системы в эмбриогенезе.
2. Эмбриогенез Т- и В-систем иммунитета.
3. Иммунитет новорождённых.
4. Иммунитет при старении.
5. Понятие о реакциях гиперчувствительности. История реакций гиперчувствительности.
6. Характеристика гиперчувствительности немедленного и замедленного типов.
7. Аутоиммунитет.

ЗАНЯТИЕ №9

Иммунодефициты

***Цель занятия*:** изучить классификацию и этиологию иммунодефицитов.

Определение понятия и классификация иммунодефицитов

Иммунная система обладает особыми физиологическими механизмами функционирования (распознавание антигена, активация иммунокомпетентных клеток, их пролиферация, дифференцировка и иммунорегуляция). Если в одном или нескольких звеньях иммунной системы возникают дефекты, это приводит к иммунодефицитным состояниям.

Иммунодефицит – это недостаточность механизмов специфического иммунитета (Т- и В-лимфоцитов) и связанных с ними неспецифических факторов защиты (моноцитов, макрофагов, нейтрофилов, комплемента). Возможны иммунодефициты отдельных специфических и неспецифических факторов или комбинированные иммунодефициты.

По определению Ф. Розена «*иммунодефицитные состояния*» (иммунологическая недостаточность) возникают в результате выпадения или недостаточности функции одного или нескольких элементов иммунной системы».

К. Дреслер определяет *иммунодефицит* как нарушение иммунологической реактивности, обусловленное выпадением одного или нескольких компонентов иммунного аппарата или тесно взаимодействующих с ним неспецифических факторов (системы комплемента, системы мононуклеарных фагоцитов).

Л. Йегер термином «*иммунодефициты»* обозначает нарушения нормального иммунологического статуса, которые обусловлены дефектом одного или нескольких механизмов иммунного ответа.

Иммунодефицитные состояния вызывают особый интерес, поскольку им сопутствуют многие патологические процессы. Наиболее тяжелые формы иммунодефицитов выявлены у ново-

рожденных. У них нарушения иммунной системы представляют фактор риска и обычно заканчиваются летальным исходом. Анализ эпидемиологических данных публикуется довольно редко. Не исключено, что иммунодефициты распознаются гораздо реже, чем они встречаются. Тем не менее, речь идет о сравнительно редкой картине заболевания.

Единой общепринятой классификации иммунодефицитов на сегодня не существует. Разные авторы пытаются их классифицировать по нескольким принципам.

1) По происхождению различают *первичные* (генетически обусловленные) и *вторичные* (возникающие в связи с инфекциями, инвазиями, опухолями, старением, ожогами, травмами и др.) иммунодефициты.

2) В зависимости от уровня дефекта иммунной системы выделяют :

- иммунодефициты, обусловленные преимущественным поражением В-звена;
- иммунодефициты, обусловленные преимущественным поражением Т-звена;
- комбинированные иммунодефициты.

Различают также гуморальные (самые частые), клеточные и клеточно-гуморальные иммунодефициты. Дефицит лимфоцитов, макрофагов, плазмоцитов, гранулоцитов – это *клеточная форма иммунодефицита*. Дефицит иммуноглобулинов (антител) – это *гуморальный иммунодефицит*.

Классификация иммунодефицитных состояний, принятая ВОЗ, учитывает три принципа:

Первый принцип классификации основан на преимущественном поражении В- и Т-звеньев иммунной системы:

• иммунодефициты, обусловленные преимущественным нарушением продукции антител (В-звено);

• иммунодефициты, обусловленные вариабельностью В- и Т-лимфоцитов;

• иммунодефициты, обусловленные преимущественным нарушением Т-звена иммунной системы.

Второй принцип классификации учитывает этиологию и патогенез:

• иммунодефициты, обусловленные отсутствием или резким нарушением клеточных популяций или субпопуляций (стволовой, Т- и В-клеток, процессов обмена веществ);

• иммунодефициты, возникающие вследствие нарушений механизмов иммунорегуляции.

Третий принцип классификации учитывает наличие дефектов хелперов и супрессоров:

• иммунодефициты, связанные с изменением хелперного потенциала;

• иммунодефициты, связанные с изменением супрессорного потенциала.

Характеристика иммунодефицитов по происхождению

Различают *врожденные (первичные)* и *приобретенные (вторичные)* иммунодефициты.

1) Первичные (врождённые или генетически обусловленные) иммунодефициты, в его основе лежит генетический дефект, который может реализоваться на разных стадиях развития иммунокомпетентных клеток – стволовой клетки, этапах дифференциации Т- и В-клеток, при созревании плазматических клеток.

Спектр хромосомных дефектов иммунитета достаточно широк – мутации, нарушения транскрипции и трансляции, генетически детерминированные дефекты мембран клеток. Особое значение придается аномалиям короткого плеча Х-хромосомы, с которыми связан механизм иммунорегуляции. Около трети первичных иммунодефицитов сцеплены с полом и передаются по наследству.

Врождённые иммунодефициты могут быть связаны с нарушением любого из звеньев иммунитета (т.е. не только Т- и В-лимфоцитов, но и макрофагов, комплемента, главной системы гистосовместимости, интерлейкинов и др. Наиболее часто выделяют иммунодефициты, обусловленные:

1) нарушениями гуморального звена иммунитета (гипо- и агаммаглобулинемии и др.;

2) нарушениями функций тимуса и клеточного иммунитета;

3) нарушениями в системе фагоцитоза;

4) дефектами системы комплемента;

5) тяжёлыми комбинированными нарушениями.

Из числа первичных иммунодефицитов приведем наиболее яркие примеры.

1. *Болезнь Брутона* – наследственная, сцепленная с полом гипогаммаглобулинемия, обусловленная дефектом В-клеток. Болеют мальчики от клинически здоровой матери (рецессивный тип наследственности, сцепленный с полом). Не вырабатываются антитела против бактериальных инфекций, необходима защита иммуноглобулинами и антибиотиками.

2. *Швейцарская агаммаглобулинемия* – тяжелый комбинированный Т- и В-иммунодефицит, связанный с нарушениями на уровне стволовой клетки. Снижено количество Т-клеток и иммуноглобулинов основных классов. Наследование аутосомно-рецессивное (болеют и мальчики и девочки) или рецессивное, сцепленное с полом. Отмечается гипоплазия тимуса и лимфоузлов, экзантемы, желудочно- кишечные расстройства и пневмонии. Дети редко доживают до трех лет, при этом лечение осуществляется за счёт пересадки костного мозга.

3. *Синдром Луи-Бара* (атаксия телеангиэктазия). Связан с дефектом тимуса и мутациями в 7 и 14 хромосомах. Уменьшено количество Т-клеток (преимущественно Т-хелперов) и В-клеток. Клинически проявляется в форме нарушении координации движений, дебильности, телеангиэктазии, инфекции дыхательных путей (отсутствие IgA), опухоли лимфоидной ткани.

4. Синдром третьего и четвертого глоточных мешков (*синдром Ди Джорджи*). Наблюдается аплазия тимуса и паращитовидных желез. Синтез иммуноглобулинов осуществляется нормально. Клеточный иммунитет отсутствует, что делает таких больных восприимчивыми к вирусным инфекциям и грибковым поражениям. Ранний признак болезни – это тетания, обусловленная дефицитом кальция.

5. *Хронический гранулематоз* – заболевание, связанное с нарушениями лизосомальных ферментов. Фагоцитоз осуществляется, однако киллинг и переваривание микроорганизмов не происходит, отсутствует способность восстанавливать нитросиний тетразолий (НСТ). У больных выявляют рецидивирующие стафилококковые абсцессы, отиты и другие гнойно-воспалительные заболевания. Болезнь обусловлена наследственным Х-сцепленным аутосомным дефектом кислородного взрыва в нейтрофилах и моноцитах (макрофагах).

При всех формах первичных иммунодефицитов повышена частота злокачественных новообразований, особенно лимфоретику-

лярной системы. Опухоли иммунной системы подразделяются на В-клеточные, Т-клеточные и связанные с усиленной пролиферацией «нулевых» лимфоцитов (третьей популяции). Возникая в результате нарушения “надзорной” функции иммунитета, злокачественные опухоли сами становятся основой развития тяжелого вторичного иммунодефицита.

К общим проявлениям иммунодефицитов относятся:

• инфекционный синдром (гнойно-септические процессы связаны с нарушениями преимущественно гуморального иммунитета, вирусные, грибковые и протозойные заболевания – с дефектами клеточного иммунитета);

• желудочно-кишечные расстройства (нарушения всасывания, дефицит IgA, инфекции желудочно-кишечного тракта);

• опухоли иммунной системы;

• аллергический и аутоиммунный синдромы (аутоиммунные гемолитические анемии);

• *гематологические изменения* (снижение количества лимфоцитов и нейтрофилов, эозинофилия, анемия, тромбоцитопения).

2) Вторичные (приобретенные) иммунодефициты возникают вследствие какого-либо тяжелого заболевания (т.е. как правило, при ранее нормальном иммунном статусе).

К основным причинам возникновения вторичных иммунодефицитов можно отнести:

1. *Паразитарные и протозойные болезни* (описторхоз, малярия, трихинеллез и др.).

Дефекты иммунного статуса при паразитарных и протозойных заболеваниях связаны с рядом механизмов:

- угнетением функции макрофагов (малярия);
- выработкой лимфоцитотоксинов (описторхоз, трихинеллез);
- различными нарушениями иммунорегуляции.

2. *Вирусные инфекции* – наиболее крупная группа инфекционных агентов, вызывающих иммунодефициты.

Многие вирусы вызывают резкое угнетение Т-звена иммунитета (вирусы кори, краснухи, гриппа, паротита). При кори и гриппе это нарушение сочетается с дефектами фагоцитоза, что еще более угнетает противомикробную защиту и способствует присоединению бактериальных осложнений. Однако наиболее существенные нарушения иммунной системы вызывают вирусы, непосредственно поражающие иммунную систему.

3. *Внутриутробные инфекции* (краснуха).

4. *Острые инфекции* (корь, грипп, краснуха, паротит, ветряная оспа, вирусные гепатиты).

5. *Персистирующие* (гепатит В и С, герпес).

6. *Инфекции иммунной системы* (ВИЧ, ЦМВ – цитомегаловируная инфекция, вирус Эпштейн-Барр).

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) вызывает заболевание, которое называют «синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД)». Этот вирус относится к ретровирусам и имеет тропизм к клеткам иммунной системы и некоторым другим клеткам. РНК вируса попадает (инфицирует) клетки, формирует ДНК-копию, которая встраивается в ДНК (геном) клетки хозяина и получает возможность реплицироваться. Вирус оказывает на клетки цитопатический (разрушающий) эффект, вызывая поражение Т-хелперов и других клеток.

7. *Бактериальные инфекции* (туберкулез, сифилис, лепра).

Часто наблюдается снижение Т-лимфоцитов и митогенной активности на фитогемагглютинин (ФГА) проявляющийся в форме лепры, туберкулеза, сифилиса, пневмококковых инфекций, коклюша, бруцеллеза, скарлатины. При стрепто- и стафилококковых инфекциях подавление Т-звена иммунитета часто сочетается с повышением функции В-системы и формированием инфекционно-аллергических и аутоиммунных осложнений (заболеваний).

8. Хирургические вмешательства, травмы, ожоги.

9. Нарушения обмена веществ (сахарный диабет) и истощение (голодание).

10. Заболевания органов выделения (уремия).

11. Опухоли.

12. Хронические соматические заболевания.

13. Действие лекарств, экологических и производственных факторов, радиации.

Лекарственные иммунодефициты связаны преимущественно с их иммунотоксическим действием. Достаточно часто отмечается активация Т-супрессоров, уменьшение количества В-клеток, снижение IgA. Существенное влияние на иммунный статус оказывают антибиотики, даже при коротких циклах применения, прежде всего – пенициллины, тетрациклины, стрептомицин, противотуберкулезные и антигрибковые препараты. Они вызывают:

- дефекты формирования первичного иммунного ответа (скорости образования клона плазматических клеток и антителообразования);

- снижение противовирусной защиты;

- снижение цитотоксической активности Т-лимфоцитов;

- уменьшение фагоцитарной активности нейтрофилов и макрофагов.

Около 70 тысяч химических соединений, связанных с производственной деятельностью и нарушениями экологической обстановки относятся к разряду токсических и оказывают разнообразное действие на иммунную систему.

Этиология иммунодефицитов

Этиологические особенности возникновения и развития иммунодефицитов представлены следующим группами:

1) Физиологические иммунодефициты, к ним можно отнести иммунодефициты беременных, новорожденных и частично возрастные.

Иммунодефицит беременных связан, прежде всего, с ингибирующим действием (во время беременности) гормонов (кортикостероидов) и биологически активных веществ желтого тела и плаценты (прогестерона и др.), действующих как на центральные органы иммунной системы (с частичной инволюцией тимуса), так и местно – плацентарно. При этом в популяции Т-лимфоцитов повышается доля Т-супрессоров, подавляющих образование цитотоксических лимфоцитов и ингибирующих активацию В-лимфоцитов и, как следствие, антителообразование. Не исключена возможность появления иммунодефицита у беременных путем нейтрализации антител и эффекторных лимфоцитов регуляторными антиантителами (антиидиотипическими антителами).

2) Иммунодефицит у новорожденных проявляется, прежде всего, почти полным отсутствием синтеза антител в первые дни после рождения, что компенсируется поступлением в их организм готовых антител из материнского организма или через плаценту (люди, приматы, кролики, морские свинки), или через молозиво (лошади, свиньи, жвачные), или частично через плаценту и преимущественно через молозиво (собаки, мыши, крысы).

Иммунодефицит у новорожденных можно было бы отнести к врожденным, но он не является следствием генетических дефектов

эмбрионального развития, характерных для различных врожденных иммунодефицитов. У новорожденных относительно развита Т-система лимфоцитов и завершается антигеннезависимая стадия формирования клонов В-лимфоцитов; формирования же антигензависимых плазматических клеток, а следовательно, и синтеза антител практически не происходит вследствие отсутствия в эмбриональный период антигенной стимуляции. После рождения требуется время для первичного иммунного ответа на поступающие в организм многочисленные и разнообразные антигены с образованием клеток памяти, плазматических клеток, и синтезом специфических антител. Именно в этот период (то есть период новорожденности) и имеет место наиболее выраженный дефицит собственных иммуноглобулинов в организме, компенсируемый пассивным иммунитетом за счет материнских антител. В связи с тем, что иммуноглобулины класса IgG поступают в организм плода через плаценту главным образом в конце беременности, иммунодефицит особенно выражен у недоношенных новорожденных детей.

3) Возрастные иммунодефициты, вероятно, частично связаны с генетически запрограммированными процессами, а частично являются следствием патологических процессов, происходящих в организме в течение индивидуального развития. В частности, значительной физической инволюции подвергается тимус, особенно в период полового созревания и с наступлением старости.

Физиологически инволюция тимуса у человека фактически начинается с первого года жизни, хотя общая масса паренхимы тимуса и уровень тимических гормонов достигают своего максимума к 10-летнему возрасту. Усиление атрофии паренхимы тимуса с уменьшением продукции тимических гормонов и Т-лимфоцитов происходит в возрасте 10-20 лет, а в возрасте 25-40 лет скорость атрофии паренхимы тимуса достигает 5% в год и резко снижается продукция тимических гормонов и Т-лимфоцитов. После 80 лет в тимусе остаются лишь мелкие островки эпителиальных клеток с небольшим количеством лимфоцитов, а продукция тимических гормонов снижается более чем на 50%.

Возрастное снижение функции тимуса с последующим накоплением мутантных форм соматических клеток и развитием хронического аутоиммунного конфликта является, по-видимому, одной из главных причин иммунодефицита при старении.

С некоторым отставанием от инволюции тимуса происходит инволюция всех периферических органов иммунной системы.

В связи со снижением функциональной активности центральных и периферических органов иммунной системы с возрастом снижаются реакции клеточного иммунитета (уменьшается как количество, так и активность Т-клеток); уменьшается концентрация иммуноглобулинов, прежде всего секреторного IgA, что ведет к повышению чувствительности эпителиальных покровов в отношении инфицирования; угнетается способность макрофагов и Т-лимфоцитов к контакту с антигеном, к его переработке и распознаванию; в субпопуляции Т-лимфоцитов увеличивается преобладание Т-супрессоров.

В целом с возрастом снижается способность иммунной системы к ответу на экзогенные антигены, что уменьшает резистентность организма к инфекции и повышает риск возникновения злокачественных опухолей; в то же время возрастает сенсибилизация иммунной системы к аутоантителам, что ведет, как указано выше, к увеличению аутоиммунной патологии. Выраженность аутоиммунных процессов при старении животных находится в обратной зависимости от способности к нормальному иммунному реагированию, которое, в свою очередь, обусловлено нормально функционирующим тимусом, контролирующим созревание Т-лимфоцитов и опосредованно В-лимфоцитов. Характер возрастной инволюции тимуса различен у разных видов животных и в значительной мере коррелирует с продолжительностью жизни.

4) Приобретенная патологическая недостаточность специфических и неспецифических факторов резистентности является результатом патологических изменений в постнатальном периоде и встречается чаще, чем наследственная.

Приобретенные иммунодефициты возникают при состояниях, сопровождающихся потерей белка (голодание, болезни почек, некоторые болезни крови), при ожогах, тяжелых травмах, хирургических вмешательствах, при ряде злокачественных опухолей, инфекционных болезней, при воздействии некоторых иммунотоксических лекарственных препаратов и экологических факторов.

При бактериальных инфекциях важную роль в развитии иммунодефицитов играют липополисахариды и элементы цитоплазмы, нарушающие функции тимуса и подавляющие функцию моноцито-макрофагальной системы. При протозойных и глистных

болезнях возможны нарушения иммунорегуляции, угнетение функции макрофагов (малярия), выработка лимфоцитотоксинов (трихинеллез, описторхоз).

Наиболее активное воздействие на иммунную систему оказывают:

1) *вирусные инфекции*, вызывающие вирусный иммунодефицит;

2) *факторы стресса*, вызывающие стрессовый иммунодефицит;

3) *экологические факторы*, вызывающие экологический иммунодефицит.

Нарушения различных звеньев иммунной системы выявлены при многих вирусных инфекциях. Например, воздействие вируса гриппа на Т-лимфоциты вызывает в первую очередь поражение их рецепторного аппарата, что ведет к резкому нарушению функции Т-лимфоцитов и к утрате в значительной степени их способности к рециркуляции. Вирус гриппа может оказывать и опосредованное действие на иммунную систему, влияя на синтез кортикостероидных гормонов.

Иммунодефицит при гриппе усиливается повреждающим действием вируса гриппа на макрофаги и нейтрофилы. У поврежденных вирусом фагоцитов снижается литическая активность и цитотоксичность, уменьшается число цитоплазматических гранул, подавляется хемотаксис.

У больных гриппом хемотаксис фагоцитов возвращается к норме не ранее чем через 3 недели после выздоровления, а полное восстановление популяции Т-лимфоцитов периферической крови происходит не ранее, чем через 4 недели от начала болезни. Следовательно, иммунодефицит при гриппе носит временный характер и относительно непродолжителен – около 4 недель.

Наиболее тяжелый вирусный иммунодефицит вызывает вирус иммунодефицита человека (ВИЧ). Синдром приобретенного иммунного дефицита (СПИД), вызываемый ВИЧ-инфекцией, протекает с поражением иммунной и нервной систем и проявляется развитием тяжелых инфекционных заболеваний и злокачественных новообразований.

5) Стрессовый иммунодефицит вызывается длительным воздействием на организм стрессорных факторов (стрессоров), которые условно делят на:

• физические (большие физические нагрузки, жара, холод, стихийные бедствия, аварии, транспортировка животных);

• химические (интоксикация);

• биологические (инфекционный процесс);

• психоэмоциональные – воздействующие на психику и вызывающие сильные эмоции (информационные перегрузки, социальная и политическая нестабильность, конфликты на работе и в семье, постоянный страх и неуверенность в завтрашнем дне, потеря близких).

Стресс, являясь вначале адаптацией организма к неблагоприятным воздействиям, может перейти в стадию истощения, когда изменения, происходящие в организме, в том числе и в иммунной системе, зачастую становятся необратимыми.

Стресс проявляется центральными регуляторными перестройками, включающими эндокринные, нейромедиаторные, нейропептидные компоненты и сопровождающимися значительными затратами энергии. Повышенный выброс в кровь катехоламинов способствует стимуляции гликогенолиза и быстрой мобилизации энергоресурсов на ранней стадии стресс-реакции; глюкокортикоиды на более поздних стадиях стимулируют образование углеводов (для энергетических целей) из расщепленных белков и свободных аминокислот.

При стрессе наряду с гиперактивацией системы гипоталамус – гипофиз – надпочечники, способствующей резкому повышению концентрации опиоидных пептидов (эндорфинов и энкефалинов), которые при стрессе могут снижать болевую чувствительность.

Иммунокомпетентные клетки обладают рецепторами ко многим медиаторам стресса: катехоламинам, серотонину, кортикостероидам, эндорфинам и др. Кортикостероиды на ранних стадиях развития стресса подавляют активность Т-супрессоров, тем самым оказывая иммуностимулирующий эффект.

6) Экологический иммунодефицит вызывается различными физическими (в том числе радиацией) и химическими факторами, поражающими, прежде всего центральные органы иммунной системы (костный мозг и тимус), в которых наиболее интенсивно протекают процессы пролиферации.

Особенно тяжелые последствия наблюдаются при комбинированных радиационно-термических поражениях, то есть при сочетании лучевых поражений с термическими ожогами, при кото-

рых наблюдается значительное угнетение как специфического иммунитета, так и неспецифических факторов защиты:

1) деструкция лимфоидных органов;

2) резкое снижение числа функционально активных Т- и В- лимфоцитов;

3) резкое снижение числа и активности макрофагов;

4) прогрессивное снижение уровня основных классов сывороточных иммуноглобулинов;

5) прогрессирующая недостаточность барьерных функций эпителиальных тканей;

6) поступление в общую циркуляцию микроорганизмов как из ожоговой раны, так и со слизистых оболочек дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта.

Организм пострадавшего при комбинированном поражении становится практически беззащитным перед инфекцией и токсическими продуктами различной природы.

Из химических веществ к вторичным иммунодефицитам приводит воздействие на организм фосфоорганических пестицидов (резкое снижение количества и активности Т-лимфоцитов и естественных киллеров), диоксинов (атрофия тимуса, угнетение синтеза антител – через воздействие на В-клетки), различных мутагенов и канцерогенов природного и антропогенного происхождения.

Рекомендуемая литература

1. Кетлинский, С. А. Цитокины / С. А. Кетлинский, А. С. Симбирцев. – СПб. : Фолиант, 2008. – 552 с.

2. Койко, Р. Иммунология / Р. Койко, Д. Саншайн, Э. Бенджамини ; пер. с англ. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 368 с.

3. Полетаев, А. Б. Иммунофизиология и иммунопатология. – М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. – 208 с.

4. Полетаев, А. В. Клиническая и лабораторная иммунология. – М. : ООО Медицинское информационное агентство», 2007. – 184 с.

5. Серых, М. М. Иммунология репродукции : монография / М. М. Серых, В. В. Зайцев, А. М. Петров [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2011. – 246 с.

6. Бурместер, Г.Р. Наглядная иммунология / Г.Р. Бурместер, А. Пецутто; пер. с англ. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. – 320 с.

7. Ермоленко, Е.К. Возрастная физиология. – Ростов–на-Дону : Феникс, 2006. – 464 с.

8. Кетлинский, С.А. Цитокины / С.А. Кетлинский, А.С. Симбирцев. – СПб. : Фолиант, 2008. – 552 с.

9. Мейл, Д. Иммунология / Д. Мейл, Дж.Бростофф, Д. Б. рот, А. Ройт [и др.]; пер. с англ. – М. : Логосфера, 2007. – 556 с.

Оглавление

Предисловие…….…….3

Занятие №1
История развития иммунологии…….5

Занятие №2
Факторы неспецифической защиты организма……...9

Занятие №3
Факторы специфической защиты…………..18

Занятие №4
Методы иммунологического анализа…….....22

Занятие №5
Иммунитет. Формы и виды иммунитета…….....29

Занятие №6
Морфофункциональная характеристика центральных и периферических органов иммунной системы……..…42

Занятие №7
Механизмы иммунитета……..55

Занятие №8
Онтогенез иммунной системы. Реакции гиперчувствительности…….67

Занятие №9
Иммунодефициты……..75

Рекомендуемая литература…….……..……..…87
Оглавление……...88

Учебное издание

Петряков Владислав Вячеславович

Иммунология

Методические указания
для выполнения практических занятий

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 29.04.2013 г. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 5,5, печ. л. 6.
Тираж 100. Заказ №42.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47.
Факс 46-2-44.

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Прикладная экология

Методические указания
для проведения практических занятий

для студентов 3 курса очного отделения, обучающихся
по направлению подготовки 06.03.01 «Биология»

Кинель
РИЦ СГСХА
2014

УДК 577.4 (07)
ББК 40.08 Р
П-30

Петряков, В. В.
П-30 Прикладная экология : методические указания для проведения практических занятий. Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 95 с.

В методических указаниях кратко изложен лекционный и практический материал по предмету «Прикладная экология». Описаны фундаментальные понятия, проблемы и аспекты изучения основ окружающей природной среды, особенности взаимодействия общества и природы в истории цивилизации. Рассмотрены научные основы экологии почв, гидросферы и их загрязнение, а также основы заповедного дела в России.
Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» и других биологических специальностей.

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014
© Петряков В.В., 2014

Предисловие

Проблемы взаимодействия общества и природы волновали человечество с древнейших времен. Решались они достаточно трудно и, самое главное, только в пользу человечества. Жизнь в согласии с природой – один из главных принципов жизни на Земле.

Обобщая огромный опыт человечества во взаимоотношениях с природой, можно утверждать, что на первых порах оно было взаимодополняющим, а впоследствии стало разрушающим. На рубеже веков кризисная ситуация в обществе связана с переходом от индустриального в постиндустриальное развитие, со сменой культур, ростом экологических проблем, глобализацией социально-экономической жизни, появлением новой философии – *экософии*, связанной с новым образом жизни и наличием здоровой среды жизни. Проблема охраны окружающей среды в конце 20 – начале 21 века стала одной из острейших. Последствия вмешательства человека во все сферы природы игнорировать больше нельзя.

Целью издания методических указаний «Прикладная экология» является формирование у студентов глобального, рационального, биологического мышления и целостного естественно-научного мировоззрения о природопользовании, представлений о рациональном научно-обоснованном хозяйственном использовании природных ресурсов с учетом знаний о структуре и функционировании окружающей среды. Важнейшее значение уделяется изучению разработки комплекса мероприятий, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на природу.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций (в соответствии с ФГОС ВПО и требованиями к результатам освоения ООП):

- проявление экологической грамотности и использование базовых знаний в области биологии в жизненных ситуациях; понимание социальной значимости и умение прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, готовность нести ответственность за свои решения;

- применение современных экспериментальных методов работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыков работы с современной аппаратурой;

- демонстрирование и применение базовых представлений об основах общей, системной и прикладной экологии, принципах оптимального природопользования и охраны природы;

- понимание, изложение и критический анализ получаемой информации и представление результатов полевых и лабораторных биологических исследований.

Практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в экологические процессы и явления. Для рассмотрения одной темы на каждое практическое занятие студентам отводится 2 часа.

ЗАНЯТИЕ №1
Введение в прикладную экологию

Цель занятия: изучить основные понятия в прикладной экологии; цель, задачи, аспекты дисциплины.

Задание 1. Понятие о дисциплине, цель, задачи и аспекты прикладной экологии.

Задание 2. Особенности взаимодействия общества и природы на современном этапе.

Задание 3. Основные концепции взаимодействия природы и общества и стратегии выхода из экологического тупика.

Понятие о дисциплине, цель, задачи и аспекты прикладной экологии

Прикладная экология – это научная дисциплина, разрабатывающая комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на природу.

Цель прикладной экологии – применение знаний, полученных общей экологией для решения проблем, связанных со средой обитания человека.

Задачей курса «Прикладная экология» является изучение влияния техногенных процессов на окружающую среду, овладение студентами принципами и методами оценки экологического состояния окружающей среды.

Задачи дисциплины

1) Оценка последствий антропогенного вмешательства в естественные экосистемы различных уровней организации.

2) Биоиндикация и мониторинг тех антропогенных воздействий, которые могут иметь негативные последствия для отдельного человека, человеческого общества и др. живых существ.

3) Прогнозирование отдаленных последствий воздействия факторов малой интенсивности.

4) Управление экологической ситуацией.

5) Решение частных практических задач (сохранение редких видов, борьба с вредителями и др.).

6) Создание здоровой среды обитания для людей и полезных им организмов за счёт:

- предупреждения её загрязнения;

- ликвидации естественно существующих в ней вредных компонентов;

- рационального преобразования природы.

7) Разработка методов оптимизации взаимодействия общества и природы с учетом интересов будущих поколений (обеспечение перехода человечества на модель устойчивого развития).

Сфера частной экологии ограничена изучением конкретных групп определенного ранга – экология растений, экология животных, экология микроорганизмов. Существует и более дробное деление разделов частной экологии: экология позвоночных, экология млекопитающих и т.д. Прикладная экология включает промышленную (инженерную) экологию, технологическую, сельскохозяйственную, химическую, медицинскую, промысловую, геохимическую, рекреационную экологию и др.

Прикладная экология как практическая деятельность включает в себя различные аспекты:

♦ *экологические аспекты* – учёт при принятии решений внутренних закономерностей функционирования экосистем, рассматриваемых в факториальной (экология, изучающая действие факторов окружающей среды на биообъекты) и популяционной экологии: характера и направленности происходящих сукцессий, трофической структуры биоценозов, состояния и составляющих их популяций;

♦ *географические аспекты* – учёт при принятии решений внутренней неоднородности и географических особенностей территории, которые они затрагивают: ландшафтов и образующих их геокомпонентов, а также природно-хозяйственных территориальных систем.

Поскольку на земле одновременно существуют природно-хозяйственные территориальные системы, отвечающие разным стадиям развития, как общества, так и экологических ситуаций, учет географических аспектов природопользования предполагает использование при прогнозе экологических последствий хозяйственных решений традиционного для географии приема «подстановки времени пространством»;

♦ *экономические аспекты* – учет при принятии практических решений в природопользовании экономических отношений, действующих в природно-хозяйственных территориальных системах, прогноз экологических последствий хозяйственных решений,

использование экономических рычагов (налоги и платежи, инвестиции);

♦ *юридические аспекты* – анализ влияния законодательства и возникающих вследствие него юридических отношений в обществе на состояние природной среды, использование юридических рычагов (законы и подзаконные акты, юридические действия);

♦ технологические аспекты – анализ и оценка экологичности применяемых или намечаемых к применению технических решений и технологий, постоянный поиск технологических путей решения экологических проблем.

Прикладная экология представляет собой сложное организационное строение на разных уровнях:

На *макроуровне* оно представлено системой отраслей (хозяйств), специализирующихся на операциях по выявлению, учету природных ресурсов, охране их воспроизводству, а также по охране окружающей среды.

На *региональном уровне* сфера природопользования образована предприятиями и организациями региональной экологической инфраструктуры, системами мусороудаления и мусороперработки, объединенными очистными комплексами, системами канализации, службами регионального экологического мониторинга, сетью особо охраняемых и защитных территорий.

На *микроуровне* к сфере природопользования относятся экологические подразделения (службы, отделы, цеха) предприятий. Их задачей является выполнение мер по защите природной среды от техногенного воздействия с учетом особенностей применяемых на конкретных подразделениях технико-технологических приемов, сырья, номенклатуры образования отходов и производимой продукции.

Особенности взаимодействия общества и природы на современном этапе

Проблемы взаимодействия общества и природы волновали человечество с древнейших времен. Решались они достаточно трудно и, самое главное, только в пользу человечества. Жизнь в согласии с природой – один из главных принципов жизни на Земле.

Обобщая огромный опыт человечества во взаимоотношениях с природой, можно утверждать, что на первых порах оно было

взаимодополняющим, а впоследствии стало разрушающим. На рубеже веков кризисная ситуация в обществе связана с переходом от индустриального в постиндустриальное развитие, со сменой культур, ростом экологических проблем, глобализацией социально-экономической жизни, появлением новой философии – *экософии*, связанной с новым образом жизни и наличием здоровой среды жизни.

Благоприятное состояние окружающей природной среды признается в нашем государстве элементом материального благосостояния людей, рост которого, являясь высшей целью общественного производства при социализме, включает меры по охране окружающей человека среды, наряду с увеличением производства материальных благ, строительством жилищ, развитием здравоохранения, улучшением условий труда, быта и отдыха населения.

Таким образом, тема взаимодействия общества и природы и в начале нового тысячелетия остается наиболее актуальной проблемой научных изысканий.

Вся история человечества есть процесс развития взаимоотношений между человеком и природой. Необходимо сознавать, что не зависящие от человека (внешние) изменения могут сыграть основную роль в нарушении существующего равновесия природных факторов. Изменение орбиты Земли, извержения вулканов приводят к последствиям, превышающим все мыслимые последствия от человеческой деятельности. Управлять этими событиями и даже предвидеть их мы пока не в состоянии.

В условиях научно-технической революции все более усложняются взаимоотношения человека с окружающей его природной средой. НТР порождает невиданные ранее возможности для эксплуатации сил природы, но вместе с тем и для ее загрязнения, разрушения, уничтожения. Природопреобразующая деятельность людей, явившаяся новой движущей силой развития природы, называется «антропогенным фактором».

Развивающееся промышленное производство оказывает большое влияние на изменение природных экологических систем. Преобразованные экосистемы и возникшие новые в результате сознательного воздействия человека на природу называют «искусственными экосистемами».

Главными негативными последствиями влияния антропогенного фактора на природную среду являются загрязнение воздуха,

воды и поверхности Земли, а также интенсивное истощение ее минеральных ресурсов. В процессе трудовой деятельности происходит взаимное изменение природы и самого человека.

В середине XX века загрязнение атмосферы за счет хозяйственной деятельности повысилось на 20%. Современный этап воздействия человека на природу является антропогенным и характеризуется следующими особенностями:

1) в систему воздействия человека на природу включается новый элемент – его разум, позволяющий осуществлять целенаправленную эксплуатацию природы, вооружив людей орудиями труда, которые во много раз усиливают воздействие человека на окружающую среду;

2) влияние антропогенного фактора на окружающую среду характеризуется постоянным ростом давления на природу в меру совершенствования средств труда и пространственного расширения деятельности человека: прямого (экстенсивного) и по растущему числу сфер (интенсивного);

3) исключительную значимость в деятельности антропогенного фактора играет все большее ускорение развития человечества. В этих условиях природа не успевает восстановить равновесие экологических систем, нарушенное вмешательством человека;

4) возрастает использование человеком ресурсов природы;

5) происходит целенаправленное изменение человеком природы (ландшафтов, растений, животных) и биоценоза (совокупность живых компонентов) отдельных регионов;

6) происходит нарастание все более масштабных побочных, часто непредвиденных и не предполагавшихся, последствий человеческой деятельности.

Поскольку существует физическая зависимость человеческого организма от земных условий, все историческое развитие общества, человечества, его будущее необходимо рассматривать в неразрывном единстве с развитием, с будущим природы всей планеты, ее биосферы. Оценивая в целом *взаимодействие природы и общества*, можно сделать следующие выводы:

- любая деятельность в экологическом отношении потенциально опасна;

- в процессе природопользования необходимо прогнозировать возможные экологические последствия применения новых технологий, химических веществ, объектов;

- экологический кризис не является неизбежным. Отрицательные последствия могут быть предупреждены экологически грамотным природопользованием;

- охрана окружающей среды, или охрана природы, состоит в том, чтобы правильно пользоваться её ресурсами, свести к минимуму необходимость специальных природоохранных мероприятий, компенсируя возможные неблагоприятные последствия соответствующими восстановительными работами.

Основные концепции взаимодействия природы и общества и стратегии выхода из экологического тупика

Основные концепции взаимодействия общества и природы

Натуралистическая концепция, когда природа рассматривается в качестве божества, некоего идеала, возвышающегося над обществом. Эта концепция проявляется в принципе невмешательства в природу, под девизом «Назад к природе!»;

Проблема определения сущности взаимосвязи человека и среды, общества и природы всегда, во все века привлекала внимание. В древние века преобладали натуралистические концепции, рассматривавшие природу в качестве божества, мудрого творца, идеала, возвышающегося над обществом.

Попытки сохранить в силе натуралистические концепции оценки системы «природа – общество» появляются и в концепциях невмешательства в природу. Представители этих концепций и в нынешних условиях считают, что в природе нет, и не может быть ошибок и недостатков.

Потребительская концепция, главной идеей которой является приоритет, превосходство человека и общества над природой под девизом «На наш век хватит!».

Развитие производства на промышленной основе в эпоху раннего капитализма потребовало существенно пересмотреть натуралистические концепции, закрепляющие приоритет природы над обществом. В эту эпоху природная среда объявлялась кладовой, из которой человек должен черпать богатства для развития материального производства, мастерской, где человек одновременно и работник, и творец, и господин. Идея утверждения господства человека над природой – основной стержень потребительских концепций, получивших развитие вместе с возникновением и дальнейшим ростом капиталистических отношений. «Потребизм»

в отношениях человека и природы способствовал активной разработке природных ресурсов и росту промышленного и сельскохозяйственного производства. Однако он был прогрессивен до определенного времени. В нынешнее время потребительское отношение к природе является тормозом на пути гармонизации отношений человека и природы.

Концепция алармизма, когда все рассматривается или в черных тонах, или в розовых – крайние проявления двух названных выше концепций.

В период развитого капитализма впервые стали обостряться отношения между обществом и природой. В связи с этим появились различные экологические концепции, которые пытались скрыть сущность конфликтов, их причину и мешали составить программу выхода из экологического тупика. Экологический кризис, который охватил страны капитала в 50-70 гг. 20 века, вызывает широкое общественное движение, получившее название «алармизма» (от англ. «аларм» – тревога, бить тревогу). Алармизм – непосредственная реакция людей на процессы деградации природы под влиянием современного производства. Впоследствии алармизм становится базой для развития зеленого движения, для создания в некоторых странах партий зеленых, которые преследуют цель обеспечения гармонии в развитии общества и природы.

Концепция причин экологического кризиса: такие причины усматриваются в неизбежных спутниках цивилизации – научно-техническом прогрессе и росте народонаселения. В качестве приемлемых средств рекомендуется саморегуляция и искусственные меры сокращения численности людей, доведение человечества до демографического минимума, который позволил бы ему гармонизировать с природой. Такой лозунг оправдывает:

1) развязывание войн,

2) массовое истребление людей,

3) недостатки медицинского обслуживания и, в целом, невнимание к человеку.

Опираясь на технологическую и демографическую причины экологического кризиса, западные социологи определяют следующие направления выхода из экологического тупика в форме следующих стратегий:

1) *стратегия невмешательства в природу*: сторонники этой концепции от идеализации природы переходят к утверждениям

о невозможности познания всех многообразных и опосредованных связей природы. Преклоняясь перед «разумом» природы, ее гармоничностью, стратегия невмешательства доводит отношения человека и природы до абсурда, ибо отрицает целесообразность всякой человеческой деятельности по использованию и преобразованию окружающей природной среды. Разумеется, общественный организм не способен нормально существовать и развиваться изолированно от природы, не осуществляя постоянного процесса обмена веществ и энергии. При осуществлении хозяйственной деятельности некоторые принципиальные положения этой концепции могут быть использованы.

Это, прежде всего, запрет на необдуманное, скоропалительное, нерациональное преобразование без учета закономерностей развития, во вред природе, человеку и обществу;

2) *стратегия наступления на природу*: основывается на том, что в природе есть свои недочеты, и задача человека состоит в их исправлении и заполнении пустот. Это – стратегия безоглядного хозяйствования в «мастерской» природы, стратегия ломки ее законов и принудительное подчинения их воле людей;

3) *стратегия саморегуляции в природе и адаптации человека*: сторонники этой стратегии основное внимание обращают на способность природы к саморегуляции, к поглощению и переработке вредных веществ, вносимых туда человеком. Это одна сторона вопроса. Другая сторона этой концепции состоит в том, что сам человек исторически способен адаптироваться к окружающей его среде и постепенно приспособить свой организм к тем компонентам, которые искусственно существуют уже не в природной, а созданной им окружающей среде. Сторонники такой концепции фальсифицируют действие объективных законов природы. Для человека это связано с патологией, ибо приспособление человека к изменившейся окружающей среде требует выработки новых свойств организма, а эти свойства приобретаются постепенно в результате смены поколений.

Контрольные вопросы

1. Раскрыть понятие прикладной экологии, цель, задачи дисциплины.

2. Охарактеризовать основные аспекты прикладной экологии.

3. Объяснить уровни организации прикладной экологии.

4. Особенности взаимодействия общества и природы на современном этапе.

5. Основные концепции взаимодействия природы и общества.

6. Стратегии выхода из экологического тупика.

ЗАНЯТИЕ №2
Особенности взаимодействия общества и природы в истории цивилизации

Цель занятия: изучить исторические этапы взаимодействия общества и природы, экологические кризисы и катастрофы.

Задание 1. Исторические этапы взаимодействия общества и природы.

Задание 2. Экологические кризисы (революции) и катастрофы, соответствующие каждому из этапов развития человеческого общества.

Исторические этапы взаимодействия общества и природы

В начале нового тысячелетия наиболее актуальной проблемой научных изысканий остаётся тема взаимодействия общества и природы. На рубеже веков кризисная ситуация в обществе связана с переходом от индустриального в постиндустриальное развитие, со сменой культур, ростом экологических проблем, глобализацией социально-экономической жизни, появлением новой философии – *экософии*, связанной с новым образом жизни и наличием здоровой среды жизни.

За последнее время произошла переоценка духовных и нравственных ценностей, изменилось соотношение традиционных и современных составных культур, возросла роль средств массовой информации. Перед мировым сообществом встали проблемы выживания человечества, связанные с угрозой ядерной войны, демографической, продовольственной и энергетической ситуацией. Кризисная ситуация требует новых подходов в решении такой сложной проблемы, как взаимодействие общества и природы.

В течение 20 века господствующими концепциями в разработке названных проблем были биосферная и ноосферная, наиболее полно сформулированные в своё время В. И. Вернадским.

Однако, с появлением и расселением человека в пределах биосферы, по мнению Ю. Шрейдера: «Природа, включая человека, уже не только и не просто природное образование. Действие человека в его отношении с природой – это уже не природный феномен» (1994).

Возникновение социума и техносферы в пределах биосферы привело к тому, что последняя перестала быть только природным образованием. Если до возникновения общества природа биосферы представляла «вещь в себе», то с его появлением она стала «вещью для других».

В пространственной структуре биосферы произошли не только количественные, но и качественные изменения. Возникла *социосфера*, а природная сущность биосферы стала сущностью человечества.

Интерес к проблемам взаимодействия человечества с окружающей средой начал проявляться ещё на заре его существования. С того момента, когда человечество стало осознавать свою нерасторжимую связь с природой Земли. Эти представления менялись вместе с обществом в процессе культурогенеза со сменой общественных формаций, с ростом знаний об окружающей природной среде.

По мнению И. В. Круть и И. М. Забелина, были два подхода, впитавшие все оттенки сложного взаимодействия природы и общества.

Первый из них получил название экофильного (экофилия – любовь к дому). Его суть заключается в гармонии человека и природы. Понимание самого себя как части природы. Радость общения с природой.

Второй подход – экофобный (*экофобия* – боязнь дома). Он направлен на подчинение природы человеку, его разуму. Следствием данного подхода является формирование конфликтной тенденции в общении с природой.

Для того чтобы лучше понять современные проблемы взаимоотношения людей с окружающей средой, целесообразно оглянуться в прошлое и проследить, как складывались эти взаимоотношения на разных этапах развития общества.

Первые попытки научного описания и обоснования процесса развития взаимоотношений между природой и человеком были предприняты еще в эпоху античности (Анаксимандр, Эмпедокл,

Лукреций и др.). Однако попытки эти отличались умозрительностью. Настоящий «прорыв» в изучении этого вопроса произошел во второй половине XIX – начале XX вв., когда выдающиеся археологические открытия (Г. Шаафгаузен, Л. Ларте, Э. Дюбуа, Р. Дарт, Дж. Э. Льюис и др.) позволили существенно расширить и уточнить научные представления о происхождении и развитии человеческого рода, а накопление эмпирического материала заложило основы эволюционной (Т. Гексли, Ч. Дарвин, Э. Геккель и др.) и историко-культурной (Л. Морган, Э. Б. Тайлор, Дж. Дж. Фрэзер, Л. Леви-Брюль и др.) антропологии.

Основываясь на представлении о хозяйственно-культурном типе как системообразующем факторе во взаимоотношениях природы и общества, мы сочли возможным выделить четыре эпохи (этапа) становления отношений природы и общества:

1) Эпоха охотничье-собирательской культуры.

Новейшие исследования антропологов позволяют оценить возраст наиболее древнего представителя человеческого рода (*Homo habilis* – человек умелый) в 2 млн. лет. Примерно 200 тыс. лет назад сформировался вид *Homo sapiens*. Около 10-15 тыс. лет назад человечество расселилось по всему ареалу своего современного обитания. Общая численность населения Земли к началу мезолита (около 10 тыс. лет назад) достигла 3-5 млн. человек. Средняя плотность населения в этот период составляла 0,05 чел/км^2.

Палеолитические, мезолитические и ранненеолитические поселения людей имеют культурные слои, свидетельствующие о недолговременном существовании и о немногочисленности их обитателей, ведущих полуоседлый образ жизни. Величина групп первобытных людей достигала, как правило, 20-25 человек. Каждая такая группа, по утверждению Б. Б. Прохорова, занимала обширную площадь, в пределах которой вела экстенсивное хозяйство, т.е. увеличение количества продукции без качественного роста (увеличения урожайности). Иногда, по-видимому, в наиболее суровые месяцы года, несколько групп собирались вместе для того, чтобы пережить тяжелое время.

Основу существования человеческого общества на всем протяжении палеолита (≈2,5 млн. лет назад) составляла охота на крупных животных, сопровождавшаяся собирательством. Один из наиболее ранних способов ведения хозяйства в истории человечества складывался из охоты на медведя, крупных копытных (дикая

лошадь, косуля, олень, тур, бизон, мускусный бык и др.) и хоботных животных (мамонт, мастодонт), рыбной ловли, добычи водоплавающей дичи, сбора насекомых и их личинок, улиток, съедобных моллюсков, растительной пищи (ягод, плодов, желудей, корневищ, лесных орехов, дикого риса и т.д.).

Примерно 10-12 тыс. лет назад началось отступление ледника, вследствие чего многие животные, на которых охотился человек, снова поменяли места обитания, изменили образ жизни или вымерли. В результате к концу плейстоцена (по археологической периодизации – палеолита) человечество столкнулось с резко выраженным разреживанием, а затем и исчезновением тех видов животных, которые на протяжении многих тысячелетий служили ему пищей. В. П. Алексеев связывает такое развитие событий с наступлением первого в истории человечества экологического кризиса.

Важнейшим фактором отделения человека от генеральной линии эволюции животных видов стал переход к систематическому использованию орудий в целях освоения окружающего мира. Первыми орудиями были, как полагают, обломки костей и палки, применяемые для добывания пищи и защиты от опасных хищников, а также подносы из коры, предназначавшиеся для сбора пищи. Ими пользовались еще предки человека – австралопитеки, жившие 4-2,5 млн. лет назад. Они же незадолго до появления первых людей начали изготовлять каменные орудия. С тех пор, вплоть до рубежа 5 тыс. лет назад, камень доминировал как материал орудий труда.

Для производства первых каменных орудий использовались естественные материалы – кремень, кварцит, горный хрусталь, вулканическая лава. Ударяя камень о камень, первобытный человек создавал острые орудия – рубило (чоппер), используемое для резки мяса и раскалывания костей; скребло, применявшееся при обработке шкур убитых животных; каменный молоток и др. Постепенно техника изготовления орудий совершенствовалась. Так, неандертальский человек (200-30 тыс. лет назад) помимо названных предметов умел изготовлять каменные ножи, пилки, сверла, остроконечники для стрел и копий.

Около 1,9 млн. лет назад люди стали строить первые жилища – хижины-шалаши, каркас которых составляли ветки и длинные кости убитых животных, накрытые настилом из травы и листьев.

Подобные сооружения были призваны защитить первобытного человека от ветра, дождя, снега.

Важнейшее экологическое различие между людьми и другими видами животных состояло в использовании огня. Около 300 тыс. лет назад человек начал использовать огонь, возникающий от молний, самовозгорания торфа и других причин, а уже около 150 тыс. лет назад люди научились добывать его самостоятельно.

Огонь представлял собой еще один – *экстрасоматический* – источник энергии, дополнявший энергию, потребляемую через пищу и необходимую для поддержания обмена веществ. Его использование сделало человека менее зависимым от климатических изменений, а также позволило за счет термической обработки существенно повысить потребительские свойства потребляемой пищи.

Уже в верхнем палеолите использование огня в хозяйственных целях и рост числа жителей Земли привели к увеличению энергопотребления на планете по сравнению с начальным этапом становления человечества в 100 раз. По мнению Б. Б. Прохорова, сам по себе подобный энергетический баланс первобытного общества охотников-собирателей не мог нанести существенный ущерб окружающей среде. Однако использование людьми огня нередко приводило к возникновению опустошительных пожаров. Древнейшие люди практиковали выжигание травы для загона животных во время охоты, что было причиной периодических пожаров, которые охватывали огромные площади лесов и степей. Экологический эффект этих пожаров был весьма значителен. Они приводили к смене растительности на обширных пространствах, в результате чего на обширных территориях влажные леса уступили место кустарникам и открытым саваннам, изменились состав и структура почвы, а также климат.

Отходы жизнедеятельности первобытных охотников-собирателей быстро утилизировались природой. Они были невелики по объему и к тому же распределялись по большим территориям из-за кочевого или полукочевого образа жизни групп людей. Произведенные Б. Б. Прохоровым ориентировочные подсчеты показывают, что общее годовое количество нечистот от группы в 20 человек (около 10 т) рассеивалось по территории около 400 км^2. Нагрузка на ландшафт в этом случае была минимальной. Другие отходы первобытных охотников составляли органические остатки

пищи и одежды из шкур, осколки камней, остающиеся после изготовления каменных орудий. Таким образом, отмечает Б. Б. Прохоров, охотниками-собирателями в окружающую их среду не привносилось ничего для нее чужеродного.

Воздействие внешних условий и общий характер жизнедеятельности первобытных охотников и собирателей предопределили изменения в состоянии их здоровья. Так, в костных остатках первобытных людей антропологи и палеопатологи обнаружили характерные болезненные изменения: рахит, кариес зубов, заболевания челюстей, повреждения суставов позвоночника, деформирующие артриты и др. Возникновение большинства костных патологий специалисты связывают с увеличением и видоизменением нагрузок на опорно-двигательный аппарат в результате перехода предков человека к прямохождению.

Средняя продолжительность жизни мезолитического человека, установленная по костным останкам, равнялась примерно 26 годам. Среди болезней первобытного человека и причин его смерти Б.Б. Прохоров на первое место ставит травмы, полученные на охоте и при стычках с представителями других групп людей. Одной из основных причин различных недугов человека был голод. Его жертвами преимущественно становились старики и дети.

В своем мышлении первобытный человек целостно воспринимал мир, ощущая себя частью природы. В то же время он пытался сделать природу более понятной для себя. Не будучи способным адекватно познавать ее, человек пошел по пути *антропоморфизации природы*. По его представлениям все природные объекты – как живые, так и не живые – одушевлены, способны чувствовать, переживать, радоваться и пр. Так возник анимизм – вера в существование духов, в наличие у всего сущего души, не зависящей от материальных причин.

2) Эпоха аграрной культуры.

Аграрная культура охватывает всю эпоху, когда основой материального производства были земледелие и скотоводство – с момента появления сельского хозяйства (ок. 8 тыс. лет до н.э.) вплоть до возникновения полноценного промышленного производства (середина XVIII в. н.э.).

Нестабильность практиковавшегося на протяжении многих сотен тысячелетий охотничьего хозяйства вынуждала людей искать новые источники обеспечения своего существования.

В результате, начиная с 12-го тысячелетия до н.э. стал систематически практиковаться возникший на базе предшествующего собирательства сбор урожая диких злаков, а примерно 10-11 тыс. лет назад возникло земледелие. Первыми культурами, освоенными ранними земледельцами, были предположительно тыква, перец, злаковые растения (пшеница, ячмень), слива, миндаль и др. Приблизительно 7-8 тыс. лет назад стали возделываться рис, чечевица, горох, фасоль, лен и др.

Параллельно с развитием земледелия шло приручение домашних животных. Первым из них, по-видимому, была собака, ведущая свою родословную от диких волков и шакалов. Она стала постоянным спутником и помощником человека, как полагают, еще 15 тыс. лет назад. Животные, используемые для получения мяса, молока и шерсти, начали одомашниваться около 12-10 тыс. лет назад. Это были, прежде всего, козы, овцы, крупный рогатый скот, свиньи. Около 6-7 тыс. лет назад были приручены верблюд, лама, лошадь и др. В это же время люди начали разводить пчел.

Первоначально земледелие и скотоводство возникли в Средней Азии (Шумер) и Северной Африке (Египет). Отсюда они стали распространяться в Европу. Независимые очаги возникновения земледелия и скотоводства сформировались несколько позже в Восточной и Юго-Восточной Азии, Центральной Америке, и из них производящее хозяйство распространилось во всех направлениях. Процесс этот был длительным по времени и продолжался вплоть до начала 3-го тысячелетия до н.э.

Переход к аграрной (сельскохозяйственной) культуре называют неолитической революцией, так как человек пришел от присваивающей экономики к экономике производящей. По мнению Б. Б. Прохорова, важными отличительными особенностями жизни неолитического человека были его оседлость или полуоседлость, что предполагало тесный контакт с территорией, которую он обрабатывал, увеличение плотности населения, овладение гончарным ремеслом, высокие достижения в технике шлифования камня. В этот же период в хозяйственной деятельности начал использоваться плуг.

По оценкам демографов, численность населения, которая в начале неолита (6 тыс. лет назад) достигала 26,5 млн. человек, к 4-му тысячелетию составляла уже 70-90 млн. человек, а во 2-м тысячелетии превысила показатель в 130 млн. Плотность

населения в начале неолита достигала в некоторых районах 500 чел/км2 (при среднем показателе 200-350 чел/км^2). Первобытные земледельцы и скотоводы объединялись в группы, насчитывающие от 50 до 300 человек, в ряде случаев их численность доходила до 500.

Если в доземледельческую эпоху размеры человеческих групп и продолжительность жизни людей определялись преимущественно количеством продуктов питания, то с развитием земледелия, как отмечает Б. Б. Прохоров, главным регулирующим фактором стали болезни. Земледелие и животноводство, серьезно видоизменив хозяйственно-бытовой уклад жизни людей и окружающую природную среду, повлияли и на заболеваемость жителей древних людей и земледельческо-скотоводческих общин.

Важнейшим фактором, появившимся в связи с развитием земледелия и оказавшим серьезное воздействие на состояние здоровья людей, стало повышение плотности населения. Скопление относительно большого числа людей на ограниченных площадях создавало условия для распространения среди них различных инфекционных болезней. Л. В. Громашевский указывает на три наиболее вероятных источника их возникновения. Первым, по-видимому, служили болезни животных предков человека. К этой категории можно отнести малярию, некоторые гельминтозы, и, возможно, брюшной тиф. Вторым источником образования инфекционных болезней человека мог послужить процесс приобретения свойств патогенных паразитов организмами, ранее не представлявшими опасность для человека. Примером этой категории инфекционных болезней является холера. Наиболее обильным с точки зрения приобретения человеком новых болезней является третий источник их происхождения. Вступая в различные формы общения (употребление в пищу, одомашнение, хозяйственное использование, пребывание на одной территории и т.п.) со многими видами животного мира, люди принимали на себя болезни животных, к которым они сами оказались восприимчивыми. Так произошли оспа человека из коровьей оспы, сыпной тиф человека из крысиного риккетсиоза, возвратный тиф из клещевого спирохетоза грызунов и т.д.

Разведение сельскохозяйственных животных существеннейшим образом отражалось на здоровье неолитического человека. Употребление недостаточно термически обработанного мяса

домашних животных нередко приводило к заражению людей биогельминтозами, в частности трихинеллезом. Тяжелое течение трихинеллеза, часто заканчивающееся смертью, привело впоследствии к тому, что некоторые религии (иудаизм, ислам) наложили запрет на употребление своими последователями свиного мяса, с которым связано возникновение трихинеллеза. Охота и животноводство способствовали заболеванию людей, живших в Африке, трипаносомозом (сонной болезнью), переносчиком которой является паразитирующая на животных муха цэ-цэ.

Экологические последствия деятельности неолитических земледельцев и скотоводов были, по данным Б.Б. Прохорова, весьма разнообразны. Практиковавшееся в то время подсечно-огневое земледелие позволяло не только освобождать новые территории для расширения земледелия, но и получать необходимые минеральные соли для подкормки культурных растений.

Подсечно-огневое земледелие – одна из примитивных древних систем земледелия лесной зоны, основанная на выжигании леса и посадке на этом месте культурных растений.

Выжигание лесной растительности приводило к образованию золы – минерального удобрения, которое на несколько лет обеспечивало сбор высоких урожаев зерновых культур. Подсечно-огневое земледелие приводило к обширным пожарам, в результате которых выгорали большие территории леса, погибало много животных. К тем же результатам вело выжигание прошлогодних растительных остатков на луговых и степных участках, предпринимаемое для того, чтобы увеличить запасы кормов для сельскохозяйственных животных. Распашка земель приводила к разрушению естественных экологических ниш многих животных, в результате чего одни виды исчезали, другие же концентрировались вокруг участков с культурными посевами, где им были обеспечены богатые корма. Многие из них впоследствии одомашнивались.

Сельскохозяйственные животные также оказали огромное влияние на природные комплексы. Конкурируя с дикими копытными, они вытесняли их с естественных пастбищ. В то же время скопление большого количества крупного рогатого скота на ограниченных участках, расположенных в непосредственной близости к человеческим поселениям, приводило к сведению травяного покрова. Мелкий рогатый скот (овцы, козы), объедая молодые

растения, оказался виновником исчезновения лесов в ряде регионов мира, а в некоторых случаях даже их опустынивания.

Органическое истощение почв в результате выращивания сельскохозяйственных культур, вырубка лесов при заготовке древесины, перевыпас домашних животных – все это, в конечном счете приводило к эрозии почв, надолго выводившей их из хозяйственного оборота.

Что касается потребления энергии людьми к концу неолита, то оно увеличилось в 100 тыс. раз по сравнению с концом палеолита.

Рубеж 4-3-го тысячелетий до н.э. ознаменован крупным событием в истории человечества – возникновением городов и организаций городской среды. В начале 7-го тысячелетия до н.э. был сооружен первый из известных городов – Иерихон (западный берег реки Иордан). Начиная с середины 4-го тысячелетия до н.э. на Ближнем Востоке, в Междуречье и Египте города стали объединяться и образовывать государства, переросшие со временем в мощные рабовладельческие империи.

Образование городов вело к концентрации населения, концентрации экономической жизни и культуры, концентрации власти и поддерживающих ее структур принуждения – армии и милиций, организации систем снабжения продовольствием и коммуникаций.

Городская среда существеннейшим образом изменяет окружающую природу. Как отмечает В.П. Алексеев, концентрация активного населения создает масштабные возмущения в окружающей среде, как социальной, так и географической: окультуривание ландшафта, необратимо меняющее его структуру и видовой состав, вредные в экологическом отношении проявления бессознательной человеческой деятельности, такие, как выброс отходов производства или сливание их в воду, вырубка леса и кустарниковых растений на топливо, интенсификация земледелия, приводящая к истощению почвы, расширение зон выпаса скота, сопровождающееся сведением растительности на больших территориях и пр.

Отмечаемые в эпоху аграрной культуры плавные колебания в численности населения связаны, по-видимому, с изменением количества доступной пищи. Однако на протяжении истории земледельческих обществ наблюдались и резкие пики смертности до

150-300 и даже 500 на 1000 человек. В ряде случаев они совпадали с войнами, но чаще возникали из-за вспышек эпидемий и голода.

О характере питания людей в этот период, по мнению Б. Б. Прохорова, в определенной мере можно судить на основании исследования немецкого историка Э. Кленгель-Брандт. Она пишет, что жители Вавилона употребляли преимущественно растительную пищу – лук, огурцы, тыквы и дыни. Бобы, чечевица, пшено и ячмень использовались для приготовления кашеобразных блюд. Основным же продуктом питания был хлеб. В пищу употреблялись также фрукты – финики, гранаты, яблоки, груши и виноград. Мясная пища из-за своей дороговизны редко попадала на стол. Овец, коз и коров забивали лишь к большим праздникам. Мясо вавилонянам заменяла рыба, которую местные жители ловили в реке Евфрат и многочисленных городских каналах. Наиболее любимыми продуктами были молоко, сыр и простокваша.

В эпоху античности (VIII в. до н.э.-V в. н.э.) в результате усиления давления на природу со стороны общества в ней произошли заметные изменения, многие из которых носили однозначно негативный характер. Они коснулись, прежде всего, наиболее активно осваиваемого в то время побережья Средиземного моря. В результате активной вырубки были сведены леса ливанского кедра, началась интенсивная эрозия почв на склонах Балканских гор, что усугубилось выпасом на них больших стад коз и овец. В эту эпоху начался процесс добычи полезных ископаемых (руд металлов), что привело к серьезным деформациям окружавших города ландшафтов.

Энергопотребление населения в античном мире ненамного превышало уровень эпохи в целом. На первый взгляд такой небольшой прирост энергопотребления не способствовал быстрому развитию общественного производства и не мог энергетически обеспечить рост численности населения. Вместе с тем античные наука и культура достигли в этот период человеческой истории небывалого расцвета. В. П. Алексеев объясняет это широким использованием особого малозатратного источника энергии – находящихся в рабстве людей.

Последним этапом в развитии аграрной культуры, начавшимся и V-VI вв. н.э., стала эпоха феодализма. Хронологически она почти совпадает с эпохой средневековья.

П. Кууси отмечает, что, вероятно, со II в. до н.э. до начала X в. н.э. не происходило существенного прироста производства продовольствия, прежде всего по причине нестабильности политической обстановки. Росту производства препятствовали войны, мародерство и грабежи. В то же время растущему городскому населению и регулярным армиям требовалось все больше продовольствия. В IX в. население Земли насчитывало примерно 250 млн. человек. Это была эпоха застоя, разобщенности, не прекращавшихся войн, эпидемий, частых неурожаев. На этом фоне заметным был недостаток пищевых ресурсов, большая часть населения Земли хронически недоедала, велики были показатели смертности от голода.

Период с X в. до середины XIII в. отмечен мощным прогрессом человечества, его численность увеличилась почти вдвое. Однако уже в конце XIII в. рост численности населения прекратился. В XIV в. во многих регионах настали трудные времена: население Китая за 100 лет сократилось более чем на 50 млн., в Индии и Европе число жителей также значительно уменьшилось. В результате в 1400 г. на Земле людей жило меньше, чем в 1200 г. В качестве основной причины такого резкого спада многие ученые считают тяжелую, затяжную эпидемию чумы. Однако эта причина, по-видимому, не является единственной с точки зрения объяснения приостановки демографического роста. Б. Б. Прохоров отмечает, что в условиях аграрной культуры рост населения в каждый данный период неизбежно опережает рост продуктивности сельского хозяйства. Следствием этого было то, что до XV столетия люди, по существу, жили на грани голода и качество питания улучшалось очень медленно. Рост народонаселения неизбежно прекращался, как только численность населения доходила до критической, после которой вновь нарождающиеся люди не могли уже быть обеспечены средствами к существованию. Лишь начиная с XV в., в последние несколько столетий господства аграрной культуры, между 1400 и 1750 гг., за счет совершенствования технологии и техники земледелия человечество сумело увеличить производство продуктов питания и на этой основе добиться стабилизации роста численности народонаселения.

Значительный прогресс в развитии представлений об окружающей человека действительности произошел в эпоху античности (VI в. до н.э. – V в. н.э.). Человечество, расселяясь, расширяло свои познания об окружающем мире. Люди создали мощную

цивилизацию и уверовали в свое могущество. Главными персонажами античной мифологии стали боги, чрезвычайно похожие на людей. В это время зарождались науки, поскольку дальнейшее развитие мореплавания и земледелия было невозможно без научной основы. На всем протяжении эпохи средневековья духовная жизнь Европы была под контролем христианства, церковная догматика определяла общественную деятельность и мораль. Отношения общества и природы объяснялись исключительно Библией, повествующей о том, что Бог отдал человеку всю землю и всех ее обитателей в полное и безраздельное владение. В это время религия сильно сковывала развитие осмысления отношений общества и природы, так как считалось, что любое объяснение есть в Библии и только там может быть единственно верное объяснение.

В эпоху Возрождения (XV-XVI вв.) на первый план выдвинулась человеческая личность. На смену теоцентризму пришли антропоцентризм и гуманизм, человек начал освобождаться от жестких оков религиозной догматики, культура стала приобретать светский характер. Началась эра Великих географических открытий, зародился протестантизм, сильно поколебавший доселе незыблемые устои католицизма. Открытия Галилея и Коперника перевернули представления людей о Вселенной. В эпоху Возрождения понимание человечеством своих отношений с природой вышло на качественно новый этап, в это время люди стали природу изучать, применяя для этого научные методы, сформулированные Ф. Бэконом.

С конца XVI в. в странах Западной Европы наблюдается быстрый подъем творческой мысли. Расширение географического кругозора человечества, последовавшее за великими географическими открытиями (Америки, Австралии, морских путей в Индию, Китай и др.), и накопление огромного багажа эмпирических знаний и фактов нуждались в теоретическом осмыслении. Этого требовали также запросы быстро развивавшихся сельского хозяйства и промышленности. Однако и в XVII-XVIII вв. естествознание все еще находилось под контролем религиозных догм.

3) Эпоха индустриального общества.

Наступление индустриальной эпохи во взаимоотношениях человека и природы принято связывать с победой и окончательным утверждением во второй половине XVIII в. капиталистического способа производства. В это время возникает и начинает быстро

развиваться крупная машинная индустрия. Основой новой формы организации общественного производства стала капиталистическая фабрика.

Характерной чертой техники этого периода явилось изобретение и распространение в основных отраслях промышленности (текстильной и машиностроительной) и сельского хозяйства рабочих машин. Применение механического ткацкого станка, парового двигателя, сельскохозяйственных машин (парового плуга, механических сеялок, жатвенных машин) привело к резкому увеличению промышленного и сельскохозяйственного производства, что сказалось на повышении уровня жизни и увеличении численности населения, составившей к 1800 г. 954 млн. человек, а уже к 1900 г. – 1633 млн. человек.

В XIX в. существенно возрос объем выработки ряда полезных ископаемых, прежде всего железной руды и угля. Уголь использовался в паровых двигателях и при производстве чугуна, поэтому его добыча, по словам П. Кууси, определяла всё экономическое развитие в эту эпоху. Во второй половине XIX в. начинает развиваться добыча нефти и газа, растет добыча цветных металлов.

Характерной чертой этого времени является рост числа городов, их укрупнение, а также повышение в них концентрации населения. Многие новые города образуются в это время вокруг промышленных предприятий, превращаясь впоследствии в крупные промышленные центры. На всем протяжении XIX в. продолжалось развитие городской инфраструктуры, совершенствование систем удаления отходов, обеспечения городов сельскохозяйственной продукцией и налаживание сбыта промышленных товаров в аграрный сектор. Развивается система транспортных коммуникаций; строятся дороги, мосты. Строительный материал изымается из карьеров и каменоломен, в окрестностях городов осуществляются вырубки леса, необходимого для постройки деревянных сооружений. Все это деструктивно воздействует на естественные ландшафты и в конечном счете ведет к их разрушению. Им на смену приходят «антропогенные» ландшафты, в большей степени пригодные для проживания современного человека.

Прогресс в сельском хозяйстве во многом определил особенности питания людей в этот период. Рост производительности труда, достигнутый за счет использования сельскохозяйственных машин, вёл к удешевлению продукции, делая ее более доступной

широким слоям населения. Основу рациона большинства людей по-прежнему составляли хлеб, овощи и фрукты, ягоды, рыба. Широкое распространение в этот период получил картофель, новая культура, завезённая в Европу с Американского континента и отсюда уже распространившаяся по всему остальному миру. В странах Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии особую статью рациона составляла традиционная для этих регионов культура – рис. Мясо птицы и скота по-прежнему оставалось достаточно дорогим.

Заслуживают внимания определенные изменения в состоянии здоровья человека индустриальной эпохи. Для этого периода характерно появление относительно нового явления – производственного травматизма, обусловленного неудовлетворительными условиями труда на промышленных предприятиях, а также недостаточным уровнем подготовленности работников к использованию в своей деятельности сложных технических устройств.

Значительную проблему для человечества на этом этапе стали представлять разнообразные вирусные инфекции (например, грипп), вызывавшие обширные эпидемии и пандемии и приводившие к гибели большого количества людей. Одним из ключевых факторов, обусловившим столь неблагоприятную для человечества ситуацию, была сверхвысокая концентрация населения в крупных промышленных центрах, способствовавшая быстрому распространению возбудителей заболевания. Ситуация осложнялась также тем, что в то время не были известны сколько-нибудь эффективные средства лечения болезней, вызванных вирусными инфекциями.

Широкое распространение в XVII-XIX вв. получил завезенный ранее из Америки в Европу сифилис. При отсутствии эффективных средств лечения это заболевание, как правило, приводило к стойкой утрате заболевшими людьми работоспособности и нередко заканчивалось смертью.

К числу других опасных заболеваний, распространенных в рассматриваемый период, следует отнести холеру, брюшной тиф, туберкулез и пр. В то же время именно в XIX в. (точнее, во второй его половине) удалось добиться серьезных успехов в деле борьбы с некоторыми традиционными человеческими недугами: Л. Пастер изучил возбудителя бешенства и разработал первую антирабическую прививку; Э. Беринг совместно с Китасато получил противостолбнячную сыворотку; П. П. Э. Ру, А. Ш. Кальтмет и А. Боррель

изготовили первую противочумную вакцину и пр. В этот же период ширится прививание против оспы при помощи вакцины, полученной еще в середине XVIII в. Э. Дженнером.

Вторую половину XVIII в. и весь XIX в. принято называть веком естествознания. В это время небывалый расцвет переживают науки о Земле (геология и география), биология, химия, астрономия, физика и др. Складывается эволюционно-исторический подход к анализу явлений природной и социальной действительности. В этот период многими исследователями, представителями различных научных направлений и специальностей, разрабатываются отдельные аспекты предмета будущей единой экологической науки. Э. Геккель вводит термин «экология», которым обозначает новую отрасль знания о взаимоотношениях организмов со средой их обитания. Идет накопление данных о влияниях, оказываемых природой на человека и человеком на природу.

Период в истории становления взаимоотношений человека и природы, начавшийся одновременно с наступлением XX столетия и продолжающийся на всем его протяжении, в общем характеризуется:

1) расширением экспансии человечества в природе;

2) заселением всех доступных для проживания территорий;

3) интенсивным развитием промышленного и сельскохозяйственного производства;

4) открытием и началом эксплуатации новых способов высвобождения и преобразования энергии (в том числе энергии связей частиц атомного ядра);

5) началом освоения околоземного космического пространства и Солнечной системы в целом;

6) рост численности населения.

Статистика показывает, что в 1920 г. Землю населяло 1862 млн. человек, в 1940 г. – 2295 млн., в 1960 г. – 3049 млн., в 1980 г. – 4415 млн. человек. В 1987 г. человечество перешагнуло 5-миллиардный рубеж численности. Такие показатели прироста населения дают основание говорить о «демографическом буме» и строить чрезвычайно неблагоприятные прогнозы развития ситуации на ближайшую перспективу. Так, принято считать, что уже к 2000 г. число людей превысило 6 млрд. человек, в 2012 г. – 7 млрд. и демографы предполагают, что к 2020-2025 г. человечество перешагнет 8-миллиардный рубеж. Непрекращающийся процесс

увеличения числа живущих на земле людей, по мнению большинства ученых, исследующих эту проблему, наряду с увеличением промышленного производства и потребления разнообразных природных ресурсов, а также с ростом количества отходов «жизнедеятельности» цивилизации поставит в ближайшие 100 лет вопрос о выживании человечества в целом.

В XX в. успехи медицины, биологии, химии способствовали повышению устойчивости по отношению ко многим инфекционным заболеваниям: были открыты высокоэффективные антибактериальные и противовирусные препараты, разработаны способы предотвращения распространения инфекций и их носителей, окончательно истреблен возбудитель оспы и т.д. Однако на смену им пришли неинфекционные болезни, порожденные, как принято считать, прогрессом цивилизации. К их числу, прежде всего, следует отнести различные заболевания нервной системы, причиной которых часто становятся длительные стрессы; онкологические заболевания, возникающие вследствие воздействия на организм человека веществ и излучений (преимущественно промышленного происхождения), способных вызывать нежелательные мутации и, наконец, заболевания сердечно-сосудистой системы, провоцируемые не в последнюю очередь неправильным рационом и режимом питания современного человека.

Питание людей современной эпохи существенно видоизменилось по сравнению с предшествующими периодами. Доля мясной пищи в рационе значительно возросла, что явилось следствием ее удешевления. А это, в свою очередь, стало возможно в результате тотальной механизации сельскохозяйственного производства. В то же время чрезмерное употребление мяса птиц и скота ведет к развитию неблагоприятных процессов в организме человека, в частности к повышению содержания холестерина в крови, способного существенно затруднять нормальное функционирование системы кровообращения. Специалисты обращают также внимание на то, что многие продукты животного и растительного происхождения могут содержать в себе вредные для организма человека микроэлементы, попавшие в них из внешней среды, загрязненной продуктами функционирования промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

4) Постиндустриальная эпоха.

Некоторые исследователи характеризуют современную нам эпоху как этап перехода к постиндустриальной (информационной) цивилизации, подразумевая под этим, что уже сегодня фактически осуществляется переход к главенству производства информации, знаний и гармонизации на этой основе взаимоотношений человека и природы.

Еще Ф. Бэкон обращал внимание на особую роль, которую призвано играть научное знание в развитии взаимоотношений общества и природы. Он считал, что знание законов природы позволит людям удовлетворить свои насущные потребности и интересы. При этом Ф. Бэкон считал, что увеличение могущества человека невозможно без подчинения этим естественным законам. Познавая их, наука должна помочь человеку двигаться к поставленным целям по наикратчайшему пути, обходя препятствия, избегая ошибок, многие из которых могут поставить под угрозу само существование человеческого рода.

Эти представления были конкретизированы и развиты в получившей в XX в. широкое распространение и научное признание концепции ноосферы. Понятие ноосферы было введено в науку в 1927 г. французским философом, математиком и антропологом Э. Леруа (1870-1954), предложившим называть ноосферой оболочку Земли, включающую человеческое общество с его индустрией, языком и прочими атрибутами разумной деятельности. Но главным творцом ноосферной концепции по праву считается русский естествоиспытатель и мыслитель В.И. Вернадский (1863-1945), развивший в своих трудах идею ноосферы как «биосферизированного общества».

В. И. Вернадский одним из первых осознал, что человечество стало мощной геологической и, возможно, космической силой, способной преобразовывать природу в больших масштабах. Он отмечал, что человек охватил своей жизнью, культурой всю биосферу и стремится еще больше углубить и расширить сферу своего влияния. Биосфера, с его точки зрения, постепенно преобразуется в ноосферу – сферу разума. В. И. Вернадский рассматривал ноосферу как высшую стадию развития биосферы, когда определяющим фактором становится разумная деятельность человека. Преобразование биосферы в ноосферу он связывал с развитием науки, углублением научного проникновения в суть происходящих

в природе процессов и организацией на этой основе рациональной человеческой деятельности. В. И. Вернадский был убежден, что ноосферное человечество найдет путь к восстановлению и сохранению экологического равновесия на планете, разработает и осуществит на практике стратегию бескризисного развития природы и общества. При этом он полагал, что человек вполне способен принять на себя функции управления экологическим развитием планеты в целом.

Одновременно с В. И. Вернадским разработкой проблемы ноосферогенеза занимался видный французский палеонтолог, философ и богослов П. Тейяр де Шарден (1881-1955). Результаты своих изысканий он обобщил в работе «Феномен человека», опубликованной в 1956 г. уже после смерти автора. Он считал, что первоначально ноосфера формируется как тонкий, обособленный от всех земных оболочек слой мыслящей материи («покров сознания»).

Однако по мере все более глубокого проникновения мысли в суть процессов, происходящих во всех земных сферах, ноосфера переходит в свое высшее состояние, перерастая в Дух Земли. Как и Вернадский, Тейяр де Шарден особо отмечает роль науки в решении этой задачи. Она, по его мнению, должна выступить не только действенным инструментом познания мира, но и стать средством единения, синтеза мысли.

На протяжении XX в. еще многие мыслители, представители различных научных специальностей обращались к проблеме ноосферы, пытались определить пути ее возникновения и последующего становления. В нашей стране в разработку этих проблем значительный вклад внесли Н. Н. Моисеев, В. П. Казначеев.

В целом для приверженцев идеи ноосферного будущего человечества характерен оптимистический взгляд на перспективу развития взаимоотношений общества и природы. Однако среди специалистов-экологов не многие готовы разделить сегодня подобный оптимизм. По их мнению, человечеству еще предстоит доказать, действительно ли оно способно выступить в роли устроителя нового мира, свободного от разрушительных кризисов, экологических катастроф, войн и насилия.

Обеспокоенные существующим положением многие видные экологи, социологи, экономисты, политики и др., начиная со второй половины 70-х годов XX столетия, объединили свои усилия с целью выработки нового подхода к построению взаимоотношений

между человеком и средой его обитания. Результатом проделанной работы стала формулировка концепции устойчивого развития. Согласно определению Международной комиссии по окружающей среде и развитию под устойчивым должно пониматься такое развитие, при котором удовлетворение потребностей современного человечества не ставит под угрозу благополучие последующих поколений и их способность удовлетворять собственные насущные потребности. Это подразумевает, что некоторые параметры, такие, как ключевые физические константы (состав воздуха, воды, почвы, механические свойства земной поверхности, гравитация и др.), генофонд, участки основных экосистем в их первозданном виде, здоровье населения, должны с течением времени сохранять постоянное значение. Важнейшей задачей в этой связи становится охрана окружающей среды, цель которой в конечном счете сводится к тому, чтобы, с одной стороны, обеспечить сохранность таких качеств окружающей среды, которые не должны быть подвергнуты изменениям, а с другой – обеспечить непрерывный урожай полезных растений, животных и других необходимых человеку ресурсов путем сбалансированных циклов изъятия и обновления.

Концепция устойчивого развития получила мощную поддержку не только со стороны специалистов в области социальной экологии и экологии человека, но и правительств и руководителей государств большинства стран мира, что нашло свое выражение в решениях Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в 1992 г. в Рио-де-Жанейро. На ней была заявлена необходимость перехода всего мирового сообщества на рельсы устойчивого развития. Конференция приняла решение об образовании организации Международный Зеленый Крест, главными задачами которой были объявлены экологическое образование и воспитание как основа устойчивого развития и изменения системы ценностей, а также ликвидация последствий «холодной войны» для окружающей среды.

В 1996 г. в соответствии с рекомендациями Конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. была разработана и утверждена концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Концепция должна стать основой для выработки стратегии перехода России к устойчивому развитию в XXI в.

Экологические кризисы (революции) и катастрофы, соответствующие каждому из этапов развития человеческого общества

Экологический кризис рассматривается как обратимое состояние, в котором человек выступает активно действующей стороной.

Экологический кризис – это напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсно-экологическим возможностям биосферы. Следовательно, экологический кризис – это чрезвычайная экологическая ситуация, которая возникает в экологических системах (биогеоценозах) в результате нарушения равновесия.

Экологический кризис характеризуется не просто, и не столько усилением влияния измененной людьми природы на общественное развитие.

В более широком смысле экологический кризис понимается как фазы развития биосферы, на которых происходит качественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и возникновение других).

Первый экологический кризис относится к изменению среды обитания живых существ, который вызвал возникновение непосредственных предков человека. Он называется доантропогенным экологическим кризисом *аридизации* (от лат. aridus – сухой) и был около 3 млн. лет назад.

Второй экокризис был связан с относительным обеднением доступных примитивному человеку ресурсов промысла и собирательства, который обусловил появление стихийного биотехнического мероприятия типа выжигания растительности для ее лучшего и более раннего роста.

Кризисное состояние во взаимоотношениях между человечеством и природой с ответной реакцией человечества на это состояние называется *экологической революцией*. Для второго кризиса обеднения ресурсов промысла и собирательства ответная реакция человечества проявилась в *первой биотехнической революции*, произошедшей 35-50 тыс. лет назад. Экологическая революция обычно охватывает все стороны хозяйства и приводит к изменению взглядов людей на природу и ее эксплуатацию.

Биотехническая революция была первой экологической революцией в истории человечества как реакция на нехватку естественных продуктов природы при выходе человечества из фазы чисто биологического существования.

Третий экологический кризис или ***первый антропогенный кризис*** произошёл 10-50 тыс. лет назад и связан с массовым уничтожением (перепромыслом, т.е. неумеренным добыванием) крупных животных. Он называется также «кризисом консументов», который вызвал ответную реакцию человечества на него в виде второй сельскохозяйственной революции, приведшей к развитию примитивного орошаемого земледелия и скотоводства. Третий экологический кризис, связанный с массовым исчезновением некоторых крупнейших представителей животного мира плейстоценоза (от греч. *pleistos* – самый многочисленный, наибольший и *kainos* – новый, обозначающий наиболее длительную эпоху антропогенового периода с общим похолоданием климата Земли и периодическим возникновением в средних широтах обширных материковых оледенений), совпадает во времени с заселением мест их обитания охотниками палеолита (от греч. *palaios* – древний и *lithos* – камень, обозначают эпоху существования ископаемого человека, а также ископаемых, ныне вымерших видов животных), что позволяет сделать вывод об их уничтожении древним человеком.

Четвертый экологический кризис связан с засолением почв и деградацией примитивного поливного земледелия, которое оказалось недостаточным для растущего народонаселения Земли и привело к преимущественному развитию неполивного земледелия. Четвертому экологическому кризису характерна третья сельскохозяйственная революция широкого освоения неполивных земель, проходившая на Земле 2 тыс. лет назад.

Сведение лесов и общее истощение ресурсов растительного мира, как и вообще традиционных ресурсов того времени, привело к пятому экологическому кризису, называемому "кризисом продуцентов". Кризис продуцентов связывают с общим бурным развитием производительных сил общества, которое вызвало широкое применение минеральных ресурсов и привело к промышленной революции, переросшей затем в научно-техническую революцию текущего времени.

Современный экологический 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. Причем одновременно с «кризисом редуцентов» активно проявляются два других процесса – термодинамическое и обусловленное снижение надежности экосистем. Связаны они с экологическими последствиями перепроизводства энергии в нижней тропосфере, а также нарушением природного экологического равновесия. Указанные экологические кризисы, возможно, будут разрешены на основе энергетической и планируемой экологической революции.

Современный экологический кризис характеризуется опасным загрязнением биосферы, приближением к максимальному использованию энергии на поверхности Земли и резким нарушением экологического равновесия. Под экологическим равновесием понимается баланс естественных или измененных человеком средообразующих компонентов и природных процессов, приводящий к длительному существованию данной экосистемы. Увеличивающееся антропогенное глобальное загрязнение биосферы вредными веществами, существующими в природе, а также создаваемыми человеком новыми синтетическими веществами, которые не существуют в естественных условиях в природе, приводит к тому, что редуценты не успевают очищать биосферу от этих веществ. Поэтому этот кризис и называется "кризисом редуцентов", которому соответствует высший этап научно-технической революции – реутилизация (т.е. повторное, многократное использование) продуктов и условное замыкание технологических циклов, являющихся прообразом современных безотходных производств.

Экологическая катастрофа (или экологическое бедствие) (от греч. *katastrophe* – переворот) – экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения. Это природная аномалия, нередко возникающая на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности на природные процессы и ведущая к остро неблагоприятным экономическим последствиям или массовой гибели населения определенного региона. Таким образом, экологическая катастрофа представляет собой полное нарушение экологического равновесия в природных

живых системах, возникшее, как правило, в результате прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности. Это необратимое в природе явление, представляющее одно из состояний природы, проявляющееся в природной аномалии (греч. *anovalia* – отклонение от нормы, от общей закономерности).

Примерами природной аномалии являются длительная засуха, массовый мор скота, которые нередко возникают на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности на природные процессы, приводящие к остро неблагоприятным экономическим последствиям или массовой гибели населения определенного региона.

Экологическая катастрофа возникает нередко на основе прямого или косвенного антропогенного воздействия, а также неблагоприятного и опасного природного явления. Данное состояние характеризуется потерей контроля за течением экологических событий.

Экологическая катастрофа может быть предотвращена научно обоснованной системой рационального использования и охраны ресурсов биосферы.

Причинами экологических катастроф могут явиться аварии технических устройств (атомной электростанции, танкера и т. д.), которые приводят к остро неблагоприятным изменениям в среде и, как правило, массовой гибели живых организмов и экономическому ущербу.

Экологическую катастрофу может вызвать и ядерная зима, под которой подразумевается модельно прогнозируемое резкое и длительное общеземное похолодание, могущее возникнуть в случае войны с применением термоядерного оружия. Ядерная зима приведет к полной невозможности сохранения на Земле высших форм жизни, включая человека, так как произойдет экранирование поверхности планеты от поступления солнечной энергии. Экосистемы термодинамически не замкнуты, и они для своего существования нуждаются во внешнем источнике энергии, которым является энергия Солнца. Поэтому прерывание поступления на Землю солнечной энергии приводит к уничтожению экосистем и, естественно, к гибели человечества.

Другим модельным сценарием появления ядерной зимы на Земле является следствие первоначального резкого глобального повышения температуры от горения лесов, торфяников,

извлеченных и поверхностно залегающих других горючих ископаемых и т. п., то есть «ядерного пекла».

Таким образом, ядерная зима классифицируется как возможная природно-антропогенная катастрофа, приводящая к самоуничтожению человечества.

Контрольные вопросы

1. Расшифровать понятие «экософия» и «социосфера».
2. Охарактеризовать эпоху охотничье собирательской и аграрной культуры.
3. Раскрыть эпоху индустриального общества и постиндустриальную эпоху.
4. Особенности становления отношений природы и общества.
5. Понятия экологического кризиса и экологической катастрофы.
6. Охарактеризовать экологические кризисы (революции) и катастрофы, соответствующие каждому из этапов развития человеческого общества.

ЗАНЯТИЕ №3
Основные виды антропогенных воздействий на биосферу

Цель занятия: изучить эволюцию отношений «человек – природа» и особенности загрязнения окружающей среды.

Задание 1. Эволюция отношений «человек-природа».

Задание 2. Общая характеристика понятия «загрязнённость природной среды».

Эволюция отношений «человек-природа»

С появлением на Земле биологического существа – человека, в отличие от других существ, его поведение характеризовалось особой агрессивностью по отношению к окружающей среде, неограниченным потреблением. В дальнейшем труд превратил человеческое существование в целенаправленную человеческую деятельность, в могучую силу, способную влиять на природу на планете в целом.

Первый удар природе человек нанес приблизительно 80-40 тыс. лет назад, когда экстенсивным распространением и развитием человеческого существа были исчерпаны источники его питания. За несколько тысячелетий (для развития биосистем это очень короткий срок) были полностью уничтожены мамонты, пещерные медведи, гигантские олени, нелетающие лебеди и многие другие гигантские травоядные животные. Это был первый глобальный экологический кризис.

Природа, в свою очередь «отплатила» тем же. За это время население планеты уменьшилось примерно в 10 раз. Только с «неолитической» революции сознания и бытия человечества – с возникновением и развитием доместикации (одомашнивания животных, окультуривание растений), история после этого пошла путем быстрого развития сельского хозяйства, животноводства, а затем интенсивного использования минеральных и энергетических ресурсов литосферы (земная поверхность), а впоследствии – и развития промышленности. Такого рода центры интенсивного развития земледелия и животноводства также дали о себе знать.

За несколько тысяч лет по причине массовых обжигов лесов для земледелия, большое развитие получили так называемые антропогенные пустыни Северной и Центральной Африки, Ближнего Востока, Северной Америки. Следующий этап антропогенного давления на окружающую среду начался с XVI-XVIII вв., когда были достигнуты значительные успехи в развитии строительства, техники, физики, химии, изучении и освоении мирового океана. Основными особенностями взаимоотношений человека с природой в этот период было «покорение природы», борьба с ней, хищническое потребление всех ее ресурсов с уверенностью, что они неисчерпаемы.

Общая характеристика понятия «загрязнённость природной среды»

Появление в природной среде новых компонентов, вызванное деятельностью человека или какими-либо грандиозными природными явлениями (например, вулканической деятельностью), характеризуют термином загрязненность. В общем виде загрязненность – это наличие в окружающей среде вредных веществ, нарушающих функционирование экологических систем или их отдельных элементов.

На организменном уровне может происходить нарушение отдельных физиологических функций организмов, изменение их поведения, снижение темпов роста и развития, снижение устойчивости к воздействиям иных неблагоприятных факторов внешней среды.

На уровне популяций загрязнение может вызывать изменение их численности и биомассы, рождаемости, смертности, изменения структуры, годовых циклов миграций и ряда других функциональных свойств.

На биоценотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообществ. Меняются количественные соотношения в биоценозе, вплоть до полного исчезновения одних форм и появления других. В конечном счете, происходит деградация экосистем.

Различают природное и антропогенное загрязнения. Природное загрязнение возникает в результате естественных причин – извержения вулканов, землетрясений, катастрофических наводнений и пожаров. Антропогенное загрязнение – результат деятельности человека.

Загрязняющие вещества, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, и их влияние на среду очень разнообразны. Каждый загрязнитель оказывает определенное отрицательное воздействие на природу, поэтому их поступление в окружающую среду должно строго контролироваться. Законодательство устанавливает для каждого загрязняющего вещества предельно допустимый сброс (ПДС) и предельно допустимую концентрацию (ПДК) его в природной среде.

Известный эколог Б. Коммонер выделил пять, по его мнению, основных видов вмешательства человека в экологические процессы:

1) упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;

2) концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;

3) рост числа ядовитых отходов от химических производств;

4) введение в экосистему новых видов;

5) появление генетических изменений в организмах растений и животных.

Подавляющая часть антропогенных воздействий носит целенаправленный характер, т.е. осуществляется человеком

сознательно во имя достижения конкретных целей. Существуют и антропогенные воздействия стихийные, непроизвольные, имеющие характер последействия. Например, к этой категории воздействий относятся процессы подтопления территории, возникающие после ее застройки, и др. Нарушения основных систем жизнеобеспечения биосферы связаны в первую очередь с целенаправленными антропогенными воздействиями.

Контрольные вопросы

1. Историческая характеристика отношений «человек-природа».
2. Понятие загрязнённости окружающей среды.
3. Характеристика природного и антропогенного происхождения.
4. Основные виды вмешательства человека в экологические процессы по Б. Коммонеру.

ЗАНЯТИЕ №4
Экология почв

Цель занятия: изучить земельные ресурсы и неблагоприятные последствия их использования.

Задание 1. Земельный фонд планеты, земельные ресурсы.

Задание 2. Неблагоприятные последствия использования земельных ресурсов.

Задание 3. Рациональное использование земель, их мелиорация и защита.

Земельный фонд планеты, земельные ресурсы

Верхняя твердая оболочка Земли, постепенно переходящая с глубиной в другие области, составляет литосферу. Она имеет слоистую структуру и включает земную кору и верхнюю мантию. Различают материковую кору (толщина от 35-45 км под равнинами до 70 км в области гор) и океаническую (5-10 км). В строении первой имеются три слоя: верхний осадочный, средний гранитный и нижний базальтовый; в океанической коре гранитный слой отсутствует. Земная кора подвержена постоянным тектоническим

движениям. Ниже земной коры находится мантия: верхняя – до глубины около 1000 и нижняя – около 2900 км. Внутреннюю часть Земли составляет ядро планеты: верхнее – до глубины около 5000 и нижнее (субъядро) – до 6371 км от центра земного шара. В ядре, где температура может достигать 5700°С, а давление 350 МПа, предполагают наличие вещества в металлическом (пластично-вязком и твердом) состоянии. Точный характер внутреннего строения Земли до сих пор остается невыясненным.

Жизнедеятельность человека связана главным образом с литосферой, которая является источником минеральных ресурсов. Верхняя часть литосферы – среда для строительства зданий, сооружений, искусственных водоемов и т. д. От литосферы зависят стихийные бедствия: землетрясения, вулканические извержения, сели, оползни. Важную часть литосферы составляет почва. Почва – это поверхностный слой земной коры (точнее коры выветривания), который образуется и развивается в результате взаимодействия растительности, животных, микроорганизмов, материнской породы и является самостоятельным природным образованием. Современный почвенный покров и его наиболее активная оболочка – гумусовый горизонт – является особым природным образованием, возникшим в результате сложнейших и длительных процессов воздействия живых и мертвых организмов на поверхностные горизонты литосферы в различных условиях климата, рельефа местности, земной гравитации и других факторов.

Почва – основной компонент любых наземных экологических систем, в ней протекают разнообразные и многочисленные физические, химические и биологические процессы. Характеризуется плодородием, т. е. способностью обеспечивать растения необходимым количеством питательных элементов, воды и воздуха. Это свойство резко отличает почву от любой горной породы и является наиболее важным в хозяйственной деятельности человека. Плодородие почвы определяется наличием в верхней части почвенного профиля темно-окрашенного гумусового горизонта, обогащенного органическим веществом и элементами питания растений. Толщина почвенного слоя в среднем составляет 18-20 см, в отдельных случаях несколько миллиметров или достигает 2 м. Образование почвы – длительный, многовековой процесс; по подсчетам ученых, для создания слоя почвы толщиной 2-3 см в современных условиях необходимо от 200 до 1000 лет.

Почвенный покров – один из важнейших природных ресурсов, ценнейшее богатство нашей планеты. Это главное средство производства в сельском и лесном хозяйствах и пространственный базис размещения и развития всех отраслей народного хозяйства. Почва обеспечивает воспроизводство всех возобновимых ресурсов растительного и животного мира, она – основа материальных благ человечества. Почва представляет собой ресурс, который при правильном использовании не убавляется, а сохраняется и улучшается путем повышения плодородия.

Поэтому правильное использование и охрана земельных ресурсов – первостепенная задача каждого государства.

Процесс формирования почв из горных пород – почвообразование – начинается с выветривания, дробления породы и поселения на продуктах выветривания микроорганизмов и растений. Представление о почве, как о самостоятельном природном теле с особыми свойствами было создано в последней четверти 19 в. основателем современного почвоведения В. В. Докучаевым. В дальнейшем учение о почве развили В. Р. Вильямс, К. Д. Глинка, Г. Н. Высоцкий и др.

В. Р. Вильямс обосновал ведущую роль растений в процессе почвообразования. Зеленые растения – единственные источники органического вещества, создаваемого в процессе фотосинтеза. Наибольшее количество растительной биомассы создают лесные сообщества, особенно в условиях влажных тропиков, меньше – в условиях тундры, пустынь, в болотистой местности. Почва обогащается органическим веществом в процессе периодического опада или отмирания растений; при содействии животных, бактерий, грибов на поверхности почвы образуется почвенный гумус. Особенно велика роль в процессе почвообразования беспозвоночных и простейших животных. Большая часть их (сапрофаги) потребляет и перерабатывает

Рис. 1. Распределение земельных ресурсов на планете

мертвое органическое вещество, другие (некрофаги) питаются живыми организмами.

В Европе на 1 м^2 почвы приходится до 20 биллионов простейших одноклеточных животных и до 50 млн. червей нематод. Сотнями тысяч исчисляются коловратки, мелкие земляные черви (энхитреиды), клещи, тысячами – насекомые и многоножки, сотнями – дождевые черви, слизни, улитки и другие беспозвоночные животные. Благодаря своей многочисленности почвенные животные в общей массе могут достигать 3,5 т живой массы на 1 га. Здесь они рождаются, питаются, экскретируют, размножаются и умирают. При этом происходит разложение и гумификация растительных остатков, усиливается аэрация почвы и стимулируется деятельность микроорганизмов. За счет постоянного отмирания почвенных животных в почву непрерывно поступают белки, углеводы и прочие органические вещества, которые затем минерализуются микроорганизмами. В почвообразовании принимают участие млекопитающие земле-рои: кроты, слепыши, цокоры, которые всю жизнь проводят в почве, а также мыши-полевки и другие млекопитающие, использующие почву в качестве убежища.

Рис. 2. Распределение основных типов почв на поверхности суши

Велико значение в создании почвы микроорганизмов – бактерий, низших грибов, одноклеточных водорослей, вирусов. Азотфиксирующие бактерии способны поглощать молекулярный азот из воздуха и обогащать им почву. Свободноживущие азотфиксирующие бактерии связывают за год несколько десятков килограммов азота на 1 га почвы, клубеньковые бактерии способны за один сезон накопить до 200-300 кг/га азота. Почвенные микроорганизмы принимают участие в синтезе многих витаминов и ростовых веществ, необходимых для растений и животных.

К числу **важнейших факторов почвообразования** относятся климат, рельеф и хозяйственная деятельность человека. По современным представлениям почва – гигантская экологическая система, оказывающая наряду с Мировым океаном решающее влияние на всю биосферу Земли. Она активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы. Земельный фонд планеты представляет сочетание разнообразных категорий земель. Из общей площади суши земного шара около 20% расположено в слишком холодном климате, 20% – на очень крутых склонах, 10% – покрыты маломощными почвами, около 20% заняты пастбищами, лугами, лесами. Распределение земельных ресурсов на планете и основных типов почв представлено на рисунках 1 и 2.

Неблагоприятные последствия использования земельных ресурсов

Научно обоснованное землепользование может повышать естественное плодородие почв, улучшать состояние земельных ресурсов. Не поддающаяся количественному увеличению земля способна при правильном ее использовании не только воспроизводиться, но и увеличивать природный потенциал плодородия. Однако при неправильном, расточительном хозяйствовании имеют место значительные потери земельного фонда, связанные с возникновением и развитием процессов эрозии, засолением, иссушением, заболачиванием.

К факторам, вызывающим разрушение почв, относятся:

1) открытые и подземные разработки полезных ископаемых: угля, железной руды, цветных металлов, строительных материалов;

2) отнесение пахотных земель под строительство;

3) загрязнение почв промышленными отбросами, разнообразными пестицидами, строительным мусором, городскими свалками;

4) разрушение почв при неумеренной пастьбе скота;

5) сведение (вырубка) лесов и нерегулируемые рекреационные нагрузки.

Ущерб, наносимый этими процессами мировому земельному фонду, в последние десятилетия принял угрожающие размеры. За счёт усиливающейся аридизации (уменьшения степени увлажнения) обширных территорий, под угрозой распространения пустынь находится большая поверхность суши планеты; деградация засушливых ландшафтов идет со значительной скоростью. Из недр земли ежегодно добывается не менее 100 млрд. т минеральных веществ, извлекаются вода, нефть, газ, перемещаются триллионы тонн грунта, на поверхности земли возводятся крупные инженерные сооружения, создаются водохранилища. В результате активной деятельности людей происходит перераспределение геостатических нагрузок, увеличивается скорость движения участков земной коры, учащаются землетрясения, в некоторых местах опускается поверхность земли.

Одной из основных причин ухудшения качества земельных ресурсов является ускоренная эрозия почв. Слово «эрозия» происходит от латинского «erodere», что означает – разъедаю.

Под термином «эрозия почв» понимают разрушающее влияние текучей талой, дождевой и ливневой водами, ветра и льда на почвенный покров и подстилающие породы.

Таким образом, под эрозией понимают любую разрушительную деятельность геологических сил, таких, как морской прибой, ледники, процессы гравитации. В соответствии с этим различают водную, ветровую и ледниковую эрозию:

- водная эрозия – за счёт поверхностных вод, талых вод, интенсивных атмосферных осадков; волновая эрозия или абразия;

- ветровая эрозия или дефляция – за счёт силы ветра.

Выдувание верхних горизонтов почвы, песков под влиянием сильных ветров, называемое ветровой эрозией, сопровождается потерей самых мелких частиц, с которыми выносятся важнейшие для плодородия химические вещества. При очень сильных ветрах (10-20 м/с), передвигающих мелкие почвенные частички во взвешенном состоянии в воздушном потоке, образуются пыльные, или

черные бури. За один-два дня ветер может снести слой почвы мощностью от 1-2 до 2-25 см.

- ледниковая эрозия или экзарация – (от лат. *exaratio* – выпахивание), или ледниковое выпахивание – экзогенный геологический процесс разрушения ледником слагающих его ложе горных пород с последующим выносом обломков.

По скорости развития эрозию делят на нормальную и ускоренную.

- нормальная, или естественная (геологическая) эрозия – происходит в девственной природе. Но почва, защищенная растительностью, подвергается ей крайне медленно, снос и разрушение веществ компенсируется процессами почвообразования.

Нормальная эрозия имеет место всегда при наличии сколько-либо выраженного стока, протекает медленнее почвообразования и не приводит к заметным изменениям уровня и формы земной поверхности.

Под влиянием же антропического воздействия возникает ускоренная эрозия, которая часто приводит к полному разрушению почвы. Ускоренная идет быстрее почвообразования, приводит к деградации почв и сопровождается заметным изменением рельефа.

Протекает ускоренная эрозия в 100-1000 раз быстрее, чем при природных эрозионных процессах. В результате эрозии за предыдущее столетие на нашей планете потеряно 2 млрд. га плодородных земель, или 27% земель активного сельскохозяйственного фонда.

Развитию эрозии способствует ряд антропических и природных факторов. Наиболее опасна:

1) распашка почв без соблюдения противоэрозионных мероприятий;

2) ухудшению качества почвы, снижению плодородия и быстрому физическому разрушению способствует также вынос питательных веществ с урожаем возделываемых культур. Такие, например, культуры, как свекла, картофель, масличные, уносят ежегодно от 300 до 700 кг минеральных веществ с 1 га. Особенно сильно истощают почву монокультуры (единственно возделываемые).

Рис. 3. Эрозия почвы и образование оврага

Рис. 4. Ветровая эрозия на поле ржи:
А-Б – первоначальный рельеф пашни после посева ржи;
$А_1$-$Б_1$ – микрорельеф того же участка пашни, измельченный ветровой эрозией

Развитию эрозии способствует также уничтожение лесов, лишающее почву защитного покрова. Леса обладают большой водорегулирующей способностью, так как лесная подстилка впитывает атмосферные осадки, переводит их в подземный сток. Удлиняется срок просачивания воды, которая постепенно поступает в нижние почвенные горизонты, а затем в виде подземного стока выливается в реки и озера. С уничтожением леса резко нарушается водный баланс и возрастает поверхностный почворазрушающий сток. Кроме того, на вырубках меняется термический режим,

происходит быстрое нагревание и иссушение почв, возрастает скорость ветра.

Исключительно опасна эрозия почвы в горах, где обнаженные склоны способствуют возникновению разрушительных селевых потоков. Главная причина их образования – неправильная рубка леса вдоль склонов, а также – неумеренная пастьба скота и снежные лавины.

Помимо эрозии, серьезной проблемой в современном земледелии является засоление почв – процесс накопления в верхних горизонтах почвы вредных для растений солей: Na_2CO_3, $MgCO_3$, $CaCO_3$, Na_2SO_4, NaCI и др. Самое губительное действие оказывают соли натрия.

В естественных условиях засоление почв происходит через грунтовые воды, насыщенные солями, которые по почвенным капиллярам поднимаются вверх и испаряются. Растворенные соли остаются на поверхности почвы, в пахотном горизонте. Наибольшую опасность в земледелии представляет вторичное засоление орошаемых земель в условиях аридного климата с длительным сухим сезоном. Засоленные почвы наиболее распространены в засушливых районах (сухие степи, полупустыни, пустыни) и представлены солончаками и солонцами. Так, в пустынях Средней Азии солончаки занимают более 10% площади, представляя тип почв, покрытых выцветами солей, с высокой степенью засоления. При несколько лучшем увлажнении или более глубоком залегании грунтовых вод вместо солончаков в аридных районах возникают солонцы – почвы со значительным содержанием поглощенного натрия и присутствием на некоторой глубине от поверхности легкорастворимых соединений. Засолению подвержено около 50% площади орошаемых земель мира.

Основная причина засоления – низкий коэффициент полезного действия оросительных систем, строящихся и функционирующих без гидроизоляции, фильтрация из каналов и другие несовершенства ирригационных сетей. В больших масштабах происходит загрязнение почв путем поступления различных химических веществ, которые, накапливаясь, приводят к постепенному изменению химических и физических свойств почвы. Это нарушает геохимическую среду, снижает численность животных организмов, ухудшает плодородные свойства. Загрязнение почв и нарушение круговорота веществ происходит в результате не дозированного

применения минеральных удобрений и при их неправильном хранении. Почва обладает способностью накапливать радиоактивные вещества (^{90}Sr, ^{14}C, ^{137}Cs и др.), поступающие в почву. Вместе с навозом, фекалиями, городским мусором и другими нечистотами в почву нередко поступают болезнетворные микробы, яйца гельминтов и другие вредные организмы, которые через продукты питания и иным образом могут вызывать болезни людей и животных. К патогенным бактериям относятся возбудители таких инфекционных заболеваний, как сибирская язва, газовая гангрена, столбняк, ботулизм. Возбудители таких заболеваний сохраняют жизнеспособность в почве многие десятилетия. Из числа временно обитающих в почве микроорганизмов большую группу составляют возбудители кишечных инфекций (брюшного тифа, паратифов).

Рациональное использование земель, их мелиорация и защита

Главные факторы рационального использования земельных ресурсов:

1) Гидротехническая мелиорация, включающая оросительные и обводнительные работы.

2) Интенсификация использования имеющихся пахотных и других земельных ресурсов путем повышения плодородия земель – главного резерва увеличения объема сельскохозяйственной продукции; применения научно обоснованных приемов земледелия.

3) Своевременное применение комплекса противоэрозионных мероприятий (агротехнических приемов по регулированию поверхностного стока талых и ливневых вод; вспашка, культивация и рядовой посев или посадка поперек склона), осуществление этих мероприятий с учетом природных и социально-экономических условий, позволяющих предотвращать эрозионные процессы или ликвидировать их последствия.

4) Универсальным способом защиты почв является полезащитное лесоразведение. На участках, защищенных лесными полосами, создаются лучшие микроклиматические условия для произрастания культур, снижаются скорость ветра, сухость воздуха, испарения влаги, усиливается снегозадержание. В горных условиях необходимо устройство противоселевых сооружений, террасирование (искусственное изменение поверхности склонов для борьбы с водной эрозией почвы, лучшего использования их под

сельскохозяйственные и лесные культуры), облесение склонов (лесные посадки на склонах гор, предназначенные для их укрепления и предотвращения движения лавин или сползания снега и пр.), регулирование выпаса скота, сохранение горных лесов.

Мелиорация земель

Мелиорация земель (от лат. – улучшение) – это улучшение свойств почвы с целью повышения ее плодородия (В. А. Вронский, 1997). Различают:

• **гидротехническую** мелиорацию (осушение, орошение, промывка засолённых почв) с целью улучшения физических свойств почв;

• **химическую** (известкование, гипсование, внесение химических мелиораторов);

• **агролесомелиорацию**, представляет собой систему лесохозяйственных мероприятий, направленных на улучшение почвенно-гидрологических и климатических условий местности, делающих ее более благоприятной для ведения сельского хозяйства. Основные направления агролесомелиорации – степное лесоразведение, создание полезащитных лесных полос, облесение оврагов, крутых склонов, закрепление песков, улучшение пастбищ, облесение сильно деградированных земель и др.

Мероприятия по защите земель

В рамках мероприятий по сохранению почв важное значение имеет охрана их от загрязнения, что может достигаться сбором, удалением, обезвреживанием и утилизацией твердых и жидких хозяйственно-бытовых и производственных отходов.

1) В борьбе с засолением почв и его предотвращением важную роль играет *техническое усовершенствование оросительных систем, проведение облицовки каналов, сооружение оросительных каналов* в закрытых трубопроводах. Радикальным средством по удалению из почвы водорастворимых солей является устройство дренажных сетей в сочетании с промывками почвы. Известны селекционные методы повышения солеустойчивости растений.

2) На восстановление почв, которые подвергаются разрушению при добыче полезных ископаемых, в результате появления насыпного грунта промышленных отходов, отвалов подземных

горных разработок, отвалов при открытых горных работах, проводится рекультивация.

3) Почвозащитные севообороты с целью защиты почвы от разрушения. При этом необходимо правильно определить состав возделываемых культур, их чередование и агротехнические приемы. При почвозащитных севооборотах исключают пропашные культуры (так как они слабо защищают почву от смыва, особенно весной и в начале лета) и увеличивают посевы многолетних трав, промежуточных подсевных культур, которые хорошо защищают почву от разрушения в эрозионно-опасные периоды.

4) Агротехнические противоэрозионные мероприятия.

5) Лесомелиоративные противоэрозионные мероприятия.

6) Водорегулирующие лесополосы. Закладываются на эродированных склонах, используемых под сельскохозяйственные культуры, и предназначены для перевода поверхностного стока во внутрипочвенный.

7) Водоохранные лесные насаждения вокруг прудов и водоемов. Создаются для защиты берегов от разрушения, водоемов – от заиления продуктами эрозии.

8) Лесомелиоративные противоовражные мероприятия.

9) Приовражные и прибалочные лесные полосы.

10) Гидротехнические сооружения. С помощью гидротехнических сооружений производится задержание, отвод и безопасный сброс той части атмосферных осадков, которую не удается задержать на прилегающих к оврагам полях агротехническими и лесомелиоративными приемами.

Контрольные вопросы

1. Понятие почвы и почвенного покрова.
2. Охарактеризовать земельный фонд планеты земля.
3. Факторы почвообразования.
4. Факторы, вызывающие разрушение почв.
5. Понятие эрозии почвы, её разновидности.
6. Вред, причинённый эрозией.
7. Главные факторы рационального использования земельных ресурсов.
8. Мелиорация земель и мероприятия по защите земель.

ЗАНЯТИЕ №5
Загрязнение почв

Цель занятия: изучить источники и особенности химических загрязнений почв.

Задание 1. Понятие загрязнения почвы.
Задание 2. Характеристика веществ-загрязнителей.

Понятие загрязнения почвы

Под загрязнением почв понимают увеличение концентраций содержащихся в почве веществ-загрязнителей выше предельно допустимого уровня, а также появление в почвах любых количеств несвойственных им веществ, признанных вредными.

Вещество-загрязнитель – это вид загрязнителя, являющегося любым химическим веществом, либо же соединением, которое попадает в окружающую нас природную среду извне в количествах, превышающих общее сбалансированное количество содержащихся в экосистемах химических элементов. Как правило, основным источником возникновения в окружающей среде загрязняющих веществ является человек, жизнедеятельность которого и приводит к загрязнению.

Загрязнитель – это антропогенный, либо же природный агент, который, попадая в окружающую среду, превышает ее фоновые значения, что приводит к ее загрязнению. Загрязнителем также являются свалки, промышленные предприятия и т.д.

По видам загрязнений различают четыре класса веществ-загрязнителей: физические, химические, биологические и радиоактивные.

Загрязнения почвы трудно классифицируются, в разных источниках их деление даётся по-разному. Если обобщить и выделить главное, то наблюдается следующая картина по загрязнению почвы.

По своему происхождению загрязняющие вещества можно разделить на два вида:

1) загрязняющие вещества *природного происхождения*. Это те вещества, которые попадают в окружающую природную среду в результате природных катаклизмов, таких, например, как извержение вулкана и др.;

2) загрязняющие вещества *антропогенного происхождения*, т.е. это все загрязняющие вещества, попавшие в природную среду под влиянием процессов жизнедеятельности человека.

Кроме того, загрязняющие вещества разделяются на два *типа*:

1) *первичные загрязняющие вещества* – это те вещества, которые попали в окружающую среду непосредственно из источника загрязнения;

2) *вторичные загрязняющие вещества* – это вещества, которые после попадания в окружающую среду из источников загрязнения, претерпели некоторые изменения, а именно биогенные и абиогенные мутации, трансформации.

Всевозрастающее внимание к охране окружающей среды вызвал особый интерес к вопросам воздействия на почву тяжелых металлов, которые в первую очередь относятся в приоритетным веществам – загрязнителям почвы.

В основе любых видов загрязнений почв лежат приоритетные загрязняющие вещества (компоненты) – это вещества (компоненты) или биологические агенты, которые в первую очередь подлежат контролю. Перечень приоритетных веществ-загрязнителей почвы приводится в методических указаниях МУ 2.1.7.730-99 № МУ 2.1.7.730-99. Данный документ является нормативно-методической базой для осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора за санитарным состоянием почв населенных мест, сельскохозяйственных угодий, территорий курортных зон и отдельных учреждений.

Контролю подлежат в первую очередь загрязнители, включенные в список опасности по классам и концентрация (количество) которых регламентируется (ПДК, ДУ и др.). Например, в соответствии со списком ПДК химических веществ в почве и их класса опасности по ГОСТу 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почва» классификация химических веществ для контроля загрязнения представлена в таблице 1.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) химического вещества в почве представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, т.к. используемые при ее обосновании критерии отражают возможные пути воздействия загрязнителя на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Таблица 1

Классификация химических веществ для контроля загрязнения почв

Класс опасности	Химическое вещество
1	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен
2	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
3	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Обоснование ПДК химических веществ в почве базируется на четырёх основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально:

1) *транслокационный показатель*, характеризующийся переход вещества из почвы в растение;

2) *миграционный водный показатель*, характеризующийся способностью перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники;

3) *миграционный воздушный показатель вредности*, характеризующийся переходом вещества из почвы в атмосферный воздух;

4) *общесанитарный показатель вредности*, характеризующийся влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность. При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания вещества по каждому показателю вредности. Наименьший из обоснованных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК.

Основные приоритетные (обязательные для всех субъектов Российской Федерации) показатели – это ртуть, свинец, кадмий, цинк, мышьяк.

Дополнительные приоритетные (для территорий с развитой промышленностью, для проведения комплексной гигиенической оценки на определенных территориях) – это никель, медь, хром, марганец, кобальт; ванадий, бенз(а)пирен, фтор.

Характеристика веществ-загрязнителей

Почва является наиболее чувствительной к антропогенному воздействию. Из всех оболочек Земли почвенный покров – самая тонкая оболочка, мощность наиболее плодородного гумусированного слоя даже в черноземах не превышает, как правило,

80-100 см, а во многих почвах большинства природных зон она составляет всего лишь 15-20 см. Рыхлое почвенное тело при уничтожении многолетней растительности и распашке легко подвергается эрозии и дефляции.

При недостаточно продуманном антропогенном воздействии и нарушении сбалансированных природных экологических связей в почвах быстро развиваются нежелательные процессы минерализации гумуса, повышается кислотность или щелочность, усиливается соле-накопление, развиваются восстановительные процессы – все это резко ухудшает свойства почвы, а в предельных случаях приводит к локальному разрушению почвенного покрова.

Стоит отметить, что негативное влияние промышленных объектов на литосферу происходит главным образом, от нарушения верхнего слоя земной коры при добыче полезных ископаемых, захоронении отходов, строительства дорог и т.д.

Верхняя часть литосферы, которая непосредственно выступает как минеральная основа биосферы, в настоящее время подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. В эпоху бурного экономического развития, когда в процесс производства вовлечена практически вся биосфера планеты, человек стал «крупнейшей геологической силой», под действием которой меняется лик Земли. Научно-технический процесс привел к качественному и количественному потреблению литосферных ресурсов.

Экологическая функция литосферы выражается в том, что она является «базовой подсистемой биосферы»: образно говоря, вся континентальная и почти вся морская биота опирается на земную кору.

Поверхностные слои почв легко загрязняются. Большие концентрации в почве различных химических соединений – токсикантов – пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от болезнетворных и других нежелательных микроорганизмов, что чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира. Например, в сильно загрязненных почвах возбудители тифа и паратифа могут сохраняться до полутора лет, тогда как в незагрязненных – лишь в течение двух-трех суток.

К основным загрязнителям почв относятся:

- пестициды (ядохимикаты);

- тяжёлые металлы;
- минеральные удобрения;
- отходы и отбросы производств;
-•газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- нефть и нефтепродукты.

Загрязнение пестицидами (ядохимикатами)

В мире ежегодно производится более миллиона тонн пестицидов. Только в России используется более 100 индивидуальных пестицидов при общем годовом объеме их производства – 100 тыс. т. Наиболее загрязненными пестицидами районами являются Краснодарский край и Ростовская область (в среднем около 20 кг на 1 га). В России на одного жителя в год приходится около 1 кг пестицидов, во многих других развитых промышленных странах мира эта величина существенно выше. Мировое производство пестицидов постоянно растет.

В настоящее время влияние пестицидов на здоровье населения многие ученые приравнивают к воздействию на человека радиоактивных веществ. Достоверно установлено, что при применении пестицидов, наряду с некоторым увеличением урожайности, отмечается рост видового состава вредителей, ухудшаются пищевые качества и сохранность продукции, утрачивается естественное плодородие и т. д.

Классификация пестицидов

Пестициды (лат. *pestis* – зараза и лат. *caedo* – убиваю) (сельскохозяйственные ядохимикаты) – химические средства, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, вредителями зерна и зернопродуктов, древесины, изделий из хлопка, шерсти, кожи, с эктопаразитами домашних животных, а также с переносчиками опасных заболеваний человека и животных.

Пестициды относятся к ингибиторам (отравителям) ферментов (биологических катализаторов). Под действием пестицидов часть биологических реакций перестаёт протекать, и это позволяет: бороться с болезнями (антибиотики), дольше хранить пищу (консерванты), уничтожать насекомых (инсектициды), уничтожать сорняки (гербициды).

В зависимости от характера использования пестициды разделяются на следующие группы:

▪ гербициды – для борьбы с сорными растениями;

▪ альгициды – для уничтожения водорослей и другой водной растительности;

▪ арборициды – для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности;

▪ фунгициды – для борьбы с грибными болезнями растений;

▪ бактерициды – для борьбы с бактериями и бактериальными болезнями;

▪ инсектициды – для борьбы с вредными насекомыми;

▪ акарициды – для борьбы с клещами;

▪ зооциды – для борьбы с грызунами;

▪ лимациды – для борьбы с моллюсками;

▪ нематоциды – для борьбы с круглыми червями;

▪ афициды – для борьбы с тлями.

Пестициды, проникающие во все ткани живого организма или растения, называются системными пестицидами.

По мнению ученых, подавляющая часть применяемых пестицидов попадает в окружающую среду (воду, воздух), минуя виды-мишени. Пестициды вызывают глубокие изменения всей экосистемы, действуя на все живые организмы, в то время как человек использует их для уничтожения весьма ограниченного числа видов организмов. В результате наблюдается интоксикация огромного числа других биологических видов (полезных насекомых, птиц) вплоть до их исчезновения. К тому же человек старается использовать значительно больше пестицидов, чем это необходимо, и еще более усугубляет проблему.

Среди пестицидов наибольшую опасность представляют стойкие хлорорганические соединения (ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан, ГХБ – гексахлорбензол, ГХЦГ – гексахлорциклогенксан), которые могут сохраняться в почвах в течение многих лет и даже малые их концентрации в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов. Но и в ничтожных концентрациях пестициды подавляют иммунную систему организма, а в более высоких концентрациях обладают выраженными мутагенными и канцерогенными свойствами. Попадая в организм человека, пестициды могут вызвать не только быстрый

рост злокачественных новообразований, но и поражать организм генетически, что может представлять серьезную опасность для здоровья будущих поколений. Вот почему применение наиболее опасного из них – ДДТ в нашей стране и в ряде других стран запрещено. Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что общий экологический вред от использования загрязняющих почву пестицидов многократно превышает пользу от их применения. Воздействие пестицидов оказывается весьма негативным не только для человека, но и для всей фауны и флоры. Растительный покров оказался очень чувствительным к действию пестицидов, причем не только в зонах его применения, но и в местах, достаточно удаленных от них, из-за переноса загрязняющих веществ ветром или поверхностным стоком воды.

Пестициды способны проникать в растения из загрязненной почвы через корневую систему, накапливаться в биомассе и впоследствии заражать пищевую цепь. При распылении пестицидов наблюдается значительная интоксикация птиц (орнитофауны). Особенно страдают популяции певчих и перелетных дроздов, жаворонков и других воробьиных.

Работами отечественных и зарубежных исследователей неопровержимо доказано, что загрязнение почв пестицидами вызывает не только интоксикацию человека и большого числа видов животных, но и ведет к существенному нарушению воспроизводящих функций и, как следствие, к тяжелым демоэкологическим последствиям. С длительным применением пестицидов связывают также развитие резистентных (устойчивых) видов вредителей и появление новых вредных организмов, естественные враги которых были уничтожены.

Поведение пестицидов в почве

На персистентность пестицидов в почве большое влияние оказывает химическая стабильность вещества, в частности легкость гидролиза. Гидролиз водой является одним из наиболее важных процессов, который в большинстве случаев приводит к разложению пестицидов с образованием менее токсичных соединений. Для легко гидролизуемых веществ большое значение имеет влажность почвы: наиболее легко гидролиз пестицидов протекает во влажных почвах. Многие вещества, кроме того, легко окисляются кислородом воздуха.

По скорости разложения в почве пестициды предложено разделить на следующие шесть групп.

1) Препараты с продолжительностью действия более 18 месяцев (большинство хлорорганических пестицидов).

2) Препараты с продолжительностью действия около 18 месяцев (некоторые производные мочевины, пиклорам, симазин и другие триазины).

3) Пестициды с продолжительностью сохранения в почве до 12 месяцев (производные бензойной кислоты, амиды кислот).

4) Препараты с продолжительностью сохранения в почве до 6 месяцев (нитроанилины, акрилоксиалканкарбоновые кислоты и другие).

5) Пестициды с продолжительностью сохранения в почве более 3 месяцев (производные карбаминовой кислоты, алифатические карбоновые кислоты и другие).

6) Пестициды с продолжительностью сохранения в почве менее 3 месяцев (органические соединения фосфора и другие).

Загрязнение тяжёлыми металлами

Данный вид загрязнений уже представляет значительную опасность для человека и других животных организмов, так как тяжёлые металлы нередко обладают высокой токсичностью и способностью к накоплению в организме. Наиболее распространённое автомобильное топливо – бензин, который содержит очень ядовитое соединение – тетраэтилсвинец, содержащее тяжёлый металл свинец, который попадает в почву. Из других тяжёлых металлов, соединения которых загрязняют почву, можно назвать Cd (кадмий), Cu (медь), Cr (хром), Ni (никель), Co (кобальт), Hg (ртуть), As (мышьяк), Mn (марганец).

Загрязнение почв тяжелыми металлами имеет разные источники загрязнителей. К ним относятся:

1. Отходы металлообрабатывающей промышленности;
2. Промышленные выбросы;
3. Продукты сгорания топлива;
4. Автомобильные выхлопы отработанных газов;
5. Средства химизации сельского хозяйства.

Металлургические предприятия России ежегодно выбрасывают на поверхность земли более 150 тыс. тонн меди, 120 тыс. тонн цинка, около 90 тыс. тонн свинца, 12 тыс. тонн

никеля, 1,5 тыс. тонн молибдена, около 800 тонн кобальта и около 30 тонн ртути. Так, например, на 1 грамм черновой меди отходы медеплавильной промышленности содержат 2,09 тонн пыли, в составе которой содержится до 15% меди, 60% окиси железа и по 4% мышьяка, ртути, цинка и свинца. Отходы машиностроительных и химических производств содержат до 1 тыс. мг/кг свинца, до 3 тыс. мг/кг меди, до 10 тыс. мг/кг хрома и железа, до 100 г/кг фосфора и до 10 г/кг марганца и никеля. В Силезии вокруг цинковых заводов громоздятся отвалы с содержанием цинка от 2 до 12% и свинца от 0,5 до 3%, а в США эксплуатируют руды с содержанием цинка 1,8%.

С автомобильными выхлопными газами на поверхность почв попадает более 250 тыс. тонн свинца в год; это главный загрязнитель почв свинцом.

Тяжелые металлы попадают в почву вместе с удобрениями, в состав которых они входят как примесь, а также и с биоцидами.

Защита почв от тяжёлых металлов

Защита почв от загрязнения тяжелыми металлами базируется на совершенствовании производства. Например, на производство 1 т хлора при одной технологии расходуют 45 кг ртути, а при другой – 14-18 кг. В перспективе считают возможным снизить эту величину до 0,1 кг.

Новая стратегия охраны почв от загрязнения тяжелыми металлами заключена также в создании замкнутых технологических систем, в организации безотходных производств. Отходы химической и машиностроительной промышленности также представляют собой ценное вторичное сырье. Так отходы машиностроительных предприятий являются ценным сырьем для сельского хозяйства из-за фосфора.

В настоящее время поставлена задача обязательной проверки всех возможностей утилизации каждого вида отходов, прежде их захоронения или уничтожения. При атмосферном загрязнении почв тяжелыми металлами, когда они концентрируются в больших количествах, но в самых верхних сантиметрах почвы, возможно удаление этого слоя почвы и его захоронение.

В последнее время рекомендован ряд химических веществ, которые способны инактивировать тяжелые металлы в почве или понизить их токсичность. В ФРГ предложено применение

ионообменных смол, образующих хелатные соединения с тяжелыми металлами. Их применяют в кислотной и солевой формах или в смеси той и другой форм.

В Японии, Франции, ФРГ и Великобритании одна из японских фирм запатентовала способ фиксирования тяжелых металлов меркапто-8-триазином. При использовании этого препарата кадмий, свинец, медь, ртуть, и никель прочно фиксируются в почве в виде нерастворимой и недоступной для растений форм.

Известкование почв уменьшает кислотность удобрений и растворимость свинца, кадмия, мышьяка и цинка. Поглощение их растениями резко уменьшается. Кобальт, никель, медь и марганец в нейтральной или слабощелочной среде также не оказывают токсического действия на растения.

Органические удобрения, подобно органическому веществу почв, адсорбируют и удерживают в поглощенном состоянии большинство тяжелых металлов. Внесение органических удобрений в высоких дозах, использование зеленых удобрений, птичьего помета, муки из рисовой соломы снижают содержание кадмия и фтора в растениях, а также токсичность хрома и других тяжелых металлов.

Оптимизация минерального питания растений путем регулирования состава и доз удобрений также снижает токсическое действие отдельных элементов. В Англии в почвах, зараженных свинцом, мышьяком и медью, задержка появления всходов снималась при внесении минеральных азотных удобрений. Внесение повышенных доз фосфора уменьшало токсичное действие свинца, меди, цинка и кадмия. При щелочной реакции среды на заливных рисовых полях внесение фосфорных удобрений вело к образованию нерастворимого и труднодоступного для растений фосфата кадмия.

Однако, известно, что уровень токсичности тяжелых металлов неодинаков для разных видов растений. Поэтому снятие токсичности тяжелых металлов оптимизацией минерального питания должно быть дифференцировано не только с учетом почвенных условий, но и вида и сорта растений.

Среди естественных растений и сельскохозяйственных культур выявлен ряд видов и сортов, устойчивых к загрязнению тяжелыми металлами. К ним относятся хлопчатник, свекла и некоторые бобовые. Совокупность предохранительных мер и мер по

ликвидации загрязнения почв тяжелыми металлами дает возможность защитить почвы и растения от токсического их воздействия.

Одно из основных условий охраны почв от загрязнения биоцидами – создание и применение менее токсичных и менее стойких соединений и внесение их в почву, уменьшение доз их внесения в почву. Существует несколько способов, позволяющих уменьшить дозу биоцидов без снижения эффективности их возделывания:

1) сочетание применения пестицидов с другими приемами. Интегрированный метод борьбы с вредителями – агротехнический, биологический, химический и т.д. При этом ставится задача не уничтожить целый вид целиком, а надежно защитить культуру. Украинские ученые применяют микробиопрепарат в совокупности с небольшими дозами пестицидов, который ослабляет организм вредителя, и делает его более восприимчивым к заболеваниям;

2) применение перспективных форм пестицидов. Использование новых форм пестицидов позволяет существенно снизить норму расхода действующего вещества и свести к минимуму нежелательные последствия, в том числе и загрязнение почв;

3) чередование применения токсикантов с неодинаковым механизмом действия. Такой способ внесения химических средств борьбы предотвращает появление устойчивых форм вредителей. Для большинства культур рекомендуют 2-3 препарата с неодинаковым спектром действия.

При обработке почвы пестицидами лишь небольшая часть их достигает мест приложения токсического действия растений и животных. Остальная часть накапливается на поверхности почв. Степень загрязнения почв зависит от многих причин и, прежде всего от стойкости самого биоцида. Под стойкостью биоцида понимают способность токсиканта противостоять разлагающему действию физических, химических и биологических процессов.

К факторам, способствующим удержанию тяжелых металлов почвой, относятся:

1) обменная адсорбция поверхности глин и гумуса,;

2) формирование комплексных соединений с гумусом;

3) адсорбция поверхности и окклюзирование (растворяющие или поглощающие способности газов расплавленными или твердыми металлами) гидратированными окислами алюминия, железа,

марганца и т.д., а также формирование нерастворимых соединений, особенно при восстановлении.

Загрязнение почв минеральными удобрениями

Почвы загрязняются и минеральными удобрениями, если их используют в неумеренных количествах, теряют при производстве, транспортировке и хранении.

К минеральным удобрениям относятся неорганические химические соединения, применяемые в сельском хозяйстве в целях повышения плодородия почв. Различают макро- и микроудобрения. Минеральные макроудобрения – это вещества, в состав которых входят основные элементы, повышающие плодородие (азот, фосфор, калий). Соответственно макроудобрения делятся на азотные, фосфатные, калийные и комплексные.

За относительно непродолжительный период производство и применение в сельском хозяйстве минеральных макроудобрений существенно увеличилось. Расширился ассортимент минеральных удобрений.

Например, группа азотных удобрений включает аммиачные (аммиачная вода), аммонийные (аммония сульфат), нитратные (калийная, натриевая и кальциевая селитра), аммонийно-нитратные (аммиачная селитра) и амидные (карбамид, мочевина) удобрения. В группу фосфатных удобрений входят простой и двойной суперфосфаты, преципитат, основные шлаки и др. К группе калийных удобрений относится калийная соль (калия хлорид), калий-магнезиальное удобрение, калийно-аммиачная селитра.

Современная технология применения минеральных удобрений предотвращает их максимальное накопление фитомассой сельскохозяйственных растений. Значительная часть удобрений вымывается в подземные воды, мигрирует с поверхностным стоком, разлагается в почве, образуя летучие продукты, поступающие в приземный слой атмосферного воздуха. Сегодня в научной литературе имеется достаточно убедительных данных о том, что при нерациональном использовании минеральных удобрений возникает реальная опасность для здоровья человека и окружающей среды. Наибольшее внимание уделяют азотным удобрениям.

Компоненты азотных удобрений (аммиак, нитраты, мочевина) при чрезмерном внесении в почву могут мигрировать в поверхностные и подземные водоемы, загрязняя их. Так, в Англии за

10 лет концентрация нитратов в речной воде увеличилась на 44-48%, вследствие чего более чем в 100 источниках централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения концентрация нитратов превысила 50 мг/л. Наиболее вероятно поступление нитратов (самой подвижной формы азотных удобрений) в грунтовую воду. В отдельных селах Молдовы содержание нитратов в колодезной воде достигало 100-500 мг/л. При загрязнении воды источников водоснабжения нитратами в концентрациях, превышающих 45 мг/л, у новорожденных, которые находятся на искусственном вскармливании, и людей пожилого возраста может возникнуть водно-нитратная метгемоглобинемия. Так, в Венгрии за период 1968-1979 гг. повышенное содержание нитратов было зарегистрировано в воде колодцев 176 поселений (обследовали 296 сел). За этот период было зарегистрировано 234 случая водно-нитратной метгемоглобинемии у детей.

Нитраты, которые являются компонентами нитратных (натриевая, кальциевая и калиевая селитры) и аммонийно-нитратных (аммиачная селитра) удобрений, а также образовавшиеся в почве из аммиака аммиачных (аммиачная вода), аммония – аммонийных (сульфат аммония) и мочевины амидных азотных удобрений, являются предшественниками синтеза в объектах окружающей среды нитрозосоединений, большинство из которых обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. В почве постоянно присутствуют продукты разложения белковых веществ – амины и амиды, а также, при условии чрезмерного использования азотных удобрений, нитраты и нитриты, из которых во время трансформации в почве могут образоваться нитрозамины и нитрозамиды (N-нитрозодиметиламин, N-нитрозодиэтиламин и др.). Нитрозосоединения могут синтезироваться в фитомассе сельскохозяйственных растений при условии поступления в них избыточного количества нитратов. Нитрозосоединения относительно стабильны в объектах окружающей среды, мало растворимы в воде и большинство из них высоколетучи. По экспертным оценкам, в организм человека с питьевой водой, продуктами питания, атмосферным воздухом может поступить до 5-10 мкг нитрозаминов в сутки. Нитрозосоединения (нитрозамины и нитрозамиды) могут образовываться в организме человека в результате эндогенного синтеза, достигая 7 мкг/сут. Большинство нитрозаминов и нитрозамидов являются сильными химическими канцерогенами. Некоторые

нитрозосоединения (N-нитрозометилмочевина, N-нитрозоэтилмочевина) проникают через трансплацентарный барьер в организм плода, оказывая эмбриотоксическое и тератогенное действие.

Поступление в открытые (поверхностные) водоемы минеральных удобрений, содержащих азот и фосфор, обусловливает их эвтрофикацию (способствует размножению микрофитов и водных растений), стимулирует "цветение" водоемов, ухудшает органолептические свойства воды, разрушает водные биоценозы, нарушает процессы самоочищения водоемов и препятствует использованию их в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Значительную роль в загрязнении почвы играют фосфатные удобрения. Поглощенные почвой фосфаты малоподвижны и лишь 2% их вымывается из пахотного слоя. Поэтому при чрезмерном применении фосфатных удобрений в почве накапливается в таком количестве, которое способно тормозить процессы ее самоочищения. Кроме того, фосфаты с поверхностным стоком могут попадать в открытые водоемы и вызывать их *эвтрофикацию* – (насыщение водоёмов биогенными элементами, сопровождающееся ростом биологической продуктивности водных бассейнов). Гигиеническое значение имеет тот факт, что фосфатные удобрения содержат примеси фторсодержащих соединений (от 0,2 до 4%), железа, стронция, селена, мышьяка (не менее 0,006%), тяжелых металлов (не менее 0,008%), в том числе кадмия (10-30 мг/кг), радионуклидов (урана, тория). Поэтому при несоблюдении гигиенических норм их применения они загрязняют почву, растения, воду подземных и поверхностных водоемов. Так, с фосфатными удобрениями в почву поступает фтор в количестве 8-20 кг/га; 0,1-0,4% его мигрирует в растения, 25% вымывается в открытые водоемы, а остальное количество накапливается в почве и мигрирует в подземные воды, иногда способствуя увеличению уровня фтора в грунтовых водах до 20 мг/л. Установлено, что при внесении в почву суперфосфата уровень кадмия в картофеле увеличивается в 4 раза по сравнению с контролем.

Калий, входящий в состав калийных удобрений, мигрирует из почвы в контактирующие среды чрезвычайно медленно, не оказывая негативного воздействия на почвенный биоценоз и способность почвы к самоочищению. Вместе с калийными удобрениями

в почву поступают хлорида анионы. Если вносят 45-50 кг/га калийных удобрений, то вместе с ними поступает 30-35 кг/га хлорида аниона, что приводит к искусственному засолению почв. Накопление значительных количеств калия в почве может вызвать нарушение соотношения между калием и натрием в питьевой воде, пищевых продуктах и отрицательно повлиять на здоровье человека – вызвать нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы.

Минеральные микроудобрения вносят в почву в относительно небольших количествах (в 10-100 раз меньше, чем макроудобрений) для повышения ее плодородия. В их состав входят разнообразные микроэлементы. Самыми распространенными являются борные (0,5-1 кг/га), молибденовые, медные (10-15 кг/га), марганцевые (3-5 кг/га), цинковые (3-5 кг/га), кобальтовые (0,1-0,2 кг/га) и полимикроудобрения (ПМУ-7, ПМУ-8 и др.) При превышении норм расхода микроудобрений микроэлементы могут накапливаться в почве и растениях в избыточных количествах, оказывая отрицательное влияние на здоровье населения. В состав микроудобрений входит довольно много свинца (от 0,3 до 1%), иногда кадмия и мышьяка. Таким образом, при нерациональном использовании микроудобрений существует реальная угроза загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Загрязнение почв отходами и отбросами производств

К интенсивному загрязнению почв приводят отходы и отбросы производства. В нашей стране ежегодно образуется свыше миллиарда тонн промышленных отходов, из них более 50 млн. т. особо токсичных.

Сюда относятся мусорные свалки, выбросы предприятий, отвалы, а также вещества-загрязнители смешанного характера, включающие в себя как твёрдые, так и жидкие вещества, не слишком вредные для организма, но засоряющие поверхность почвы, затрудняющие рост растений и пр.

Огромный вред для нормального функционирования почв представляют газодымовые выбросы промышленных предприятий. Почва обладает способностью накапливать весьма опасные для здоровья человека загрязняющие вещества, например тяжелые металлы.

Вблизи ртутного комбината содержание ртути в почве из-за газодымовых выбросов может повышаться до концентрации, в сотни раз превышающих допустимые.

Значительное количество свинца содержат почвы, находящиеся в непосредственной близости от автомобильных дорог.

Результаты анализа образцов почвы, отобранных на расстоянии нескольких метров от дороги, показывают 30-кратное превышение концентрации свинца по сравнению с его содержанием (20 мкг/г) в почве незагрязненных районов.

По данным агрохимической службы России (2007), почти 0,4 млн. га в нашей стране оказались загрязненными медью, свинцом, кадмием и др. Еще больше земель были загрязнены радионуклидами и радиоактивными изотопами в результате Чернобыльской катастрофы.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризовать понятия: загрязнение почв, веществ-загрязнителей и загрязнителей.
2. Природа происхождения загрязняющих веществ.
3. Классификация химических веществ-загрязнителей.
4. Классификация пестицидов.
5. Особенности загрязнения почв пестицидами (ядохимикатами).
6. Поведение пестицидов в почве.
7. Особенности загрязнения почв тяжёлыми металлами.
8. Защита почв от тяжёлых металлов.
9. Загрязнение почв минеральными удобрениями.
10. Загрязнение почв отходами и отбросами производств и газодымовыми выбросами промышленных предприятий.

ЗАНЯТИЕ №6
Экология гидросферы

Цель занятия: изучить особенности гидросферы, её загрязнение и нерациональное использование

Задание 1. Понятие о гидросфере, её загрязнение.

Задание 2. Использование водных ресурсов. Классификация природных вод по целевому назначению. Последствия нерационального использования водных ресурсов.

Задание 3. Источники загрязнения гидросферы.

Понятие о гидросфере, её загрязнение

Гидросфера (от греч. *hydor* (гюдор) – вода, влага; *sphaira* (сфера) – сфера, шар) – водная оболочка Земли. Понятие введено в науку выдающимся австрийским геологом профессором Эдуардом Зюссом, который в своем знаменитом трехтомном труде "Лик Земли" (1883-1909) впервые обосновал неоднородность нашей планеты и выделил гидросферу как прерывистую оболочку, расположенную между литосферой (каменной оболочкой Земли) и атмосферой – воздушной оболочкой.

Содержание понятия "гидросфера" постоянно расширялось. Вначале оно включало в себя воды океанов, морей, озер и рек, покрывающих свыше 70% поверхности Земли. Затем в гидросферу стали включать, подземные воды, насыщающие горные породы, льды, физически, химически и биологически связанные воды, а также пары воды в атмосфере. Таким образом, гидросфера стала восприниматься как всюдная вода (по выражению В. И. Вернадского). Гидросфера из оболочки, лежащей на литосфере, становится оболочкой проникающей. В отдельных отраслях науки на эту всюдность накладывались некоторые ограничения. Например, гидрология этот перечень всюдности связывает только с теми водами, которые участвуют в так называемом гидрологическом круговороте воды. Постепенно гидросферу следует понимать, как некую целостность, создаваемую процессами взаимодействия различных природных форм воды. Наиболее полно идея целостности воплотилась в трактовке гидросферы как геологической системы. Такая система объединяет все известные нам формы природных вод: от растворённых в магматических расплавах до жидких, твердых и парообразных на поверхности Земли и в атмосфере. Этот список дополняют воды высоких слоев атмосферы и мантийные воды, находящиеся в виде продуктов ее диссоциации.

Гидросфера – жидкая оболочка планеты. Человек, являясь сухопутным обитателем, воспринимает Землю прежде всего, как сушу, однако при рассмотрении из космоса наша планета представляется планетой воды, ибо более 3/4 ее занимают водные

поверхности океанов, морей, континентальных водоемов и ледников, причем 3/4 – это нижний предел величины, так как площадь, покрываемая гидросферой, существенно меняется и достигает в декабре – феврале 443 млн. км^2 или около 87% поверхности Земли, равной 510 млн. км^2. «Как же не соответствует нашей планете имя Земля! Насколько правильнее было бы говорить – Океан».

Зимой люди на значительной территории суши ходят «по колено» в твердой воде и, как все живое, не могут не учитывать наличие этой сезонной разновидности гидросферы в своей жизнедеятельности.

Понятие «гидросфера» включает все свободные воды Земли, которые не связаны химически и физически с минералами земной коры, т. е. могут двигаться под действием гравитационной силы либо теплоты. Гидросфера состоит из всех океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, болот, подземных вод, ледников, снежного покрова, а также содержит атмосферную и почвенную влагу, а также биологическую воду (например, в организме человека содержится около 70% воды).

Количество воды в океане, основной составляющей гидросферы, не строго постоянно. Уровень океана за время его существования неоднократно падал на 120-150 м ниже современного, и тогда шельф становился сушей, а континентальный склон местами обнажался. «Ушедшая» вода накапливалась на суше ледяными горами, подобными тем, что сейчас существуют в Антарктиде и Гренландии. В периоды оледенения доля поверхности Земли, занятая Мировым океаном, сокращалась примерно на 5%. Тем не менее, океан всегда преобладал над сушей.

Суша составляет 29% от площади поверхности земли. Мировой океан с глубиной более 2000 метров составляет 62%.

Современная гидросфера – результат длительной эволюции Земли и глубокой дифференциации её вещества. Воды рек и озёр, подземные гравитационные воды, занимая сравнительно малую долю в общей массе гидросферы, являются источником водоснабжения, орошения и обводнения. Управление круговоротом этих вод, использование их для нужд человечества – важная научная проблема, имеющая большое экономическое и социальное значение.

Природная вода – сложная дисперсная система, содержащая множество разнообразных минеральных и органических примесей.

Дисперсная система состоит из мелких частиц вещества, распределенного в другом веществе (среде).

В настоящее время общий объем находящейся в свободном состоянии воды на нашей планете оценивается гидрологами чуть более 1 млрд. 400 млн. км^3. По своему объему гидросфера составляет 0,13% объема Земного шара.

Загрязнение вод – это привнесение или возникновение в них новых (обычно не характерных для них) вредных химических, физических и биологических агентов.

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушении прозрачности, окраски, запаха, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжёлых металлов, сокращении растворённого в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и др. загрязнителей.

Загрязнение вод может быть:

1) Естественным (природным): естественное загрязнение вод вызвано природными процессами. Например, загрязнение вод в результате извержения вулканов, водной и ветровой эрозии, абразии (разрушения) берегов, засоление пресных вод и т.д.

2) Антропогенным (техногенным), связанным с поступлением загрязняющих веществ в гидросферу в результате деятельности человека.

Наиболее широко распространено химическое и биологическое загрязнения, в меньшей степени радиоактивное, механическое и тепловое.

Загрязнение гидросферы может быть:

- *химическим* – загрязнение вод неорганическими (кислоты, щёлочи, тяжелые металлы – ртуть, свинец, кадмий, мышьяк и др.) и органическими (нефть и нефтепродукты, фенолы, пестициды и др.) веществами.

Данный тип загрязнения является основным и наиболее распространённым, стойким и широко распространяющимся в гидросфере. При осаждении на дно водоёмов или при фильтрации в грунтовые воды вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.д. Однако, как правило, полного самоочищения загрязнённых вод не происходит;

- *биологическим* – загрязнение вод патогенными микроорганизмами, бактериями, вирусами, простейшими, грибами, мелкими водорослями и др.;

- *радиоактивным* – загрязнение вод радионуклидами. Радионуклиды попадают в поверхностные водоёмы при сбрасывании радиоактивных отходов, захоронении их на дне и др., в подземные воды – в результате просачивания вглубь земли вместе с атмосферными водами или в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами;

- *механическим* – загрязнение вод механическими примесями – твёрдыми частицами (песок, ил, шлам и др.). Такое загрязнение в основном характерно для поверхностных вод со значительным ухудшением органолептических показателей вод;

- *тепловым* – это повышение температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами (например, тепловых и атомных электростанций). При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава вод, что ведёт к размножению анаэробных бактерий и выделению ядовитых газов – сероводорода и метана. Одновременно происходит «цветение» воды вследствие ускоренного развития фитопланктона.

Использование водных ресурсов. Классификация природных вод по целевому назначению. Последствия нерационального использования водных ресурсов

Использование водных ресурсов

В зависимости от того, каким образом используют водные ресурсы, все отрасли народного хозяйства подразделяют на две категории:

1) *водопользователи* – это отрасли, которые используют водоемы для различных целей, но безвозвратный водозабор не ведут. К ним относятся гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, местные органы, использующие воду для целей и нужд населения, т.е. службы хозяйственно-питьевого потребления;

2) *водопотребители* – это отрасли, которые берут воду из водоемов, причем часть ее используется безвозвратно. Крупнейшими водопотребителями являются теплоэнергетика (особенно АЭС), сельское хозяйство, а из промышленности – химическая и металлургическая.

Современный город с населением 1 млн. человек потребляет в сутки 300 тыс. $м^3$ воды, из которых 75-80% превращаются в сточные воды.

Классификация природных вод по целевому назначению

Уже несколько столетий разрабатываются системы классификации природных вод и способы как можно более краткой характеристики качества воды (индекс качества воды). Выделено 625 и даже более классов, групп, типов и разновидностей вод. В. И. Вернадский считал, что число видов природных вод больше 1500 единиц.

К настоящему времени создано несколько десятков классификационных систем, рассматривающих большей частью подземные воды и служащих основой для понимания взглядов авторов на генезис подземных вод, на то, какие составляющие подземных вод и вообще природных вод главные или более важные. Почти все они создавались гидрогеологами и отражают их пристрастия.

Существует следующая классификация природных вод по целевому назначению (рис. 5).

1. *Вода питьевая* – вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения.

2. *Вода минеральная* – вода, компонентный состав которой отвечает лечебным требованиям.

3. *Вода промышленная* – вода, компонентного состава и ресурсов которой достаточно для извлечения этих компонентов в промышленных масштабах.

4. *Вода теплоэнергетическая* – термальная вода, теплоэнергетические ресурсы которой могут быть использованы в любой отрасли народного хозяйства.

5. *Вода техническая* – любая вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной, пригодная для использования в народном хозяйстве. В свою очередь техническая вода подразделяется на:

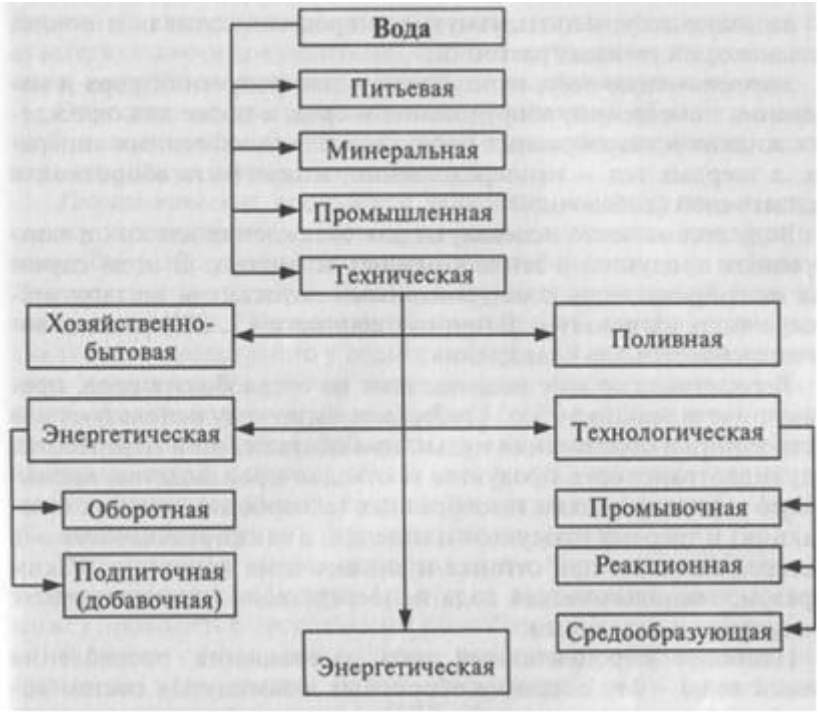


Рис. 5. Классификация природных вод по целевому назначению

5.1. *Хозяйственно-бытовую воду* – вода, используемая для бытовых и санитарно-гигиенических целей населением, а также прачечными, банями, столовыми, больницами и т.д.

5.2. *Поливную воду* – используемую для орошения земель и полива сельскохозяйственных растений.

5.3. *Энергетическую воду* – используемую для получения пара и нагревания помещений, оборудования и сред, а также для охлаждения жидких и газообразных продуктов в теплообменных аппаратах (такая вода может быть оборотной и подпиточной (добавочной)).

5.4. *Технологическую (оборотную) воду* – воду, используемую для вспомогательных целей, таких как охлаждение, отопление, мойка, промывка и многократно используемую в технологических

операциях. Её подразделяют на средообразующую, промывочную и реакционную:

- *средообразующую воду* используют при обогащении и переработке руд, гидротранспорте продуктов и отходов производства;

- *промывочную* – для промывки газообразных (абсорбция), жидких (экстракция) и твердых продуктов и изделий;

- *реакционную* – в составе реагентов, при отгонке и аналогичных процессах. Таким образом, технологическая вода непосредственно контактирует с продуктами и изделиями.

Последствия нерационального использования водных ресурсов

1. Перерасход поверхностных вод.

При долгосрочном планировании следует учитывать неизбежные засушливые годы, когда речной сток падает до аномально низкого уровня. Считается, что нельзя использовать больше 30% среднегодового речного стока. На ряде рек потребности в воде превышают 90% среднегодового стока. Например, во многих районах США забор поверхностных вод уже превышает тридцатипроцентный рубеж, а в некоторых других превысит его в ближайшем будущем. На ряде рек потребности в воде превышают 90% среднегодового стока, т. е. хронический недостаток воды неизбежен.

Экологические последствия перерасхода поверхностных вод затрагивают не только саму реку, а весь биоценоз, связанный с рекой (пересыхание болот, гибель растительности и животных и т.д.).

Печальный пример являет собой река Колорадо. Забор воды на орошение и потребности продолжают возрастать, бурятся скважины, создаются новые плотины и водохранилища. Однако во многих регионах уже становится ясно, что нужды города Лос-Анджелес, по сути, составляют 100% ее среднегодового стока. То место, где река когда-то впадала в Калифорнийский залив, теперь, как правило, представляет собой ее сухое русло.

Экологические последствия: когда из реки отводят воду, экологические последствия могут затронуть не только ее саму. Болота вдоль множества рек пересыхают, так как больше не подпитываются периодическими паводками, что приводит к гибели огромного количества водной дичи и других видов растений и животных, обитавших в этих местах.

Проблема касается и эстуариев, т.е. заливов, в которых пресная вода рек постепенно смешивается с морской водой. Они принадлежат к числу самых продуктивных экосистем Земли; это прекрасные места размножения для многих видов рыб, моллюсков и водных птиц. Когда речной сток сокращается, в эстуарии поступает меньше пресной воды, растет их соленость и сильно изменяется экология. Например, на экологической ситуации внутренней части Калифорнийского залива заметно сказался снизившийся приток пресной воды из реки Колорадо.

2. Перерасход грунтовых вод.

Грунтовые воды – это, по сути дела, система подземных водохранилищ. По имеющимся оценкам, суммарный их объем превосходит объем поверхностных вод в 75 раз. Но подземные водохранилища, как и любые другие, истощаются, если потребление из них воды идет быстрее пополнения, т.е. просачивания воды осадков вниз до уровня грунтовых вод.

Подземные водохранилища, как любые другие, истощаются, если потребление из них воды идет быстрее пополнения. Проблема стоит особенно остро в регионах с низким количеством осадков, где скорость пополнения очень невелика, а потребность в воде высока из-за не-достатка поверхностных водоемов.

Экологические последствия

1) Падение уровня грунтовых вод будет влиять на уровень поверхностных водоемов, т.к. это падение приводит к сокращению родников и связанных с ними поверхностных водоемов, что усугубляет их экологические проблемы;

2) сокращение поверхностных вод.

3. Просадка грунта.

Грунтовые воды вымывают в недрах земли полости, которые заполняются водой. Вода сама отчасти поддерживает вышележащие породы и почвы. Когда уровень грунтовых вод падает, эта опора исчезает, и может происходить постепенное опускание поверхности суши, называемое просадкой грунта. Скорость ее может составлять 15-30 см в год.

Особый вид просадки грунта – это образование карстовых воронок. Такой процесс может быть внезапным и вести к катастрофическим последствиям.

4. Подток соленой воды.

Из-за истощения запасов грунтовых вод возникает еще одна проблема – подток соленой воды. Понижение уровня грунтовых вод или большая скорость их потребления могут снизить давление в водоносном горизонте, что позволит проникать в него, а, следовательно, и в колодцы и артезианские скважины соленой воде.

Источники загрязнения гидросферы

Загрязнение рек, озёр, морей и даже океанов происходит с нарастающей скоростью, так как в водоёмы поступает огромное количество взвешенных и растворённых веществ (неорганических и органических).

Основными источниками загрязнения природных вод являются:

1. Атмосферные воды, несущие вымываемые из воздуха поллютанты (загрязнители) промышленного происхождения. При стекании по склонам атмосферные и талые воды дополнительно увлекают с собой органическое и минеральное вещество. Особенно опасны стоки с городских улиц, промышленных площадок, несущие нефтепродукты, мусор, фенолы, кислоты и др.

2. Городские сточные воды, включающие преимущественно бытовые стоки, содержащие продукты жизнедеятельности, детергенты (поверхностно-активные моющие средства), микроорганизмы, в том числе патогенные.

3. Промышленные сточные воды, образующиеся в самых разнообразных отраслях производства, среди которых наиболее активно потребляют воду черная металлургия, химическая, лесохимическая, нефтеперерабатывающая промышленности.

С развитием промышленности и увеличением потребления воды растет и количество жидких отходов – сточных вод. Еще в 60-х годах ежегодно в мире образовывалось около 700 млрд. $м^3$ сточных вод. Примерно 1/3 из них – промышленные сточные воды, загрязненные различными веществами. Только половина промышленных жидких отходов подвергалась очистке тем или иным способом. Другая половина сбрасывалась в водоемы без какой-либо очистки.

При технологических процессах появляются следующие *основные виды сточных вод*.

1. Реакционные воды, загрязненные как исходными веществами, так и продуктами реакции.

2. Воды, содержащиеся в сырье и исходных продуктах (свободная или связанная вода).

3. Промывные воды – после промывки сырья, продуктов, оборудования, маточные водные растворы.

4. Водные экстрагенты и абсорбенты.

5. Охлаждающие воды, не соприкасающиеся с технологическими продуктами и использующиеся в системах оборотного водоснабжения.

6. Бытовые воды из предприятий питания, прачечных, душевых, туалетов, после мытья помещений и т.д.

7. Атмосферные осадки, стекающие с территории промышленных предприятий, городских территорий (ливневая канализация), загрязнённые различными химическими веществами.

Источником загрязнения водных экосистем является и сельское хозяйство. Во-первых, повышение урожайности, продуктивности земель неизбежно связано с применением удобрений и ядохимикатов (пестицидов). Попадая на поверхность почвы, они смываются с нее и оказываются в водоемах. Во-вторых, животноводство связано с образованием больших масс мертвой органики (навоза, подстилки), мочевины, которые опять-таки могут оказываться в водных объектах. Эти отходы не ядовиты, но их массы огромны (вспомним, что получение 1 кг мяса «стоит» 70-90 кг кормов) и, несмотря на их нетоксичность, они ведут к тяжелым последствиям для водных экологических систем.

Большую опасность представляют загрязнения вод радиоактивными веществами.

Взвешенные твердые частицы способствуют образованию стабильных водных суспензий, при этом ухудшаются прозрачность и внешний вид воды, снижается активность фотосинтеза водных растений.

Загрязняют воду теплые сточные воды от предприятий теплоэнергетики: поскольку при этом меняется температурный режим в водном объекте, а затем может возникать несоответствие его санитарным требованиям.

В настоящее время загрязнение рек, озер, морей и даже океанов принимает такие угрожающие размеры, что во многих районах такой уровень загрязнения превышает их способность

к самоочищению. Уже сейчас в некоторых странах начинает ощущаться нехватка пресной воды.

Загрязнение водных систем представляет большую опасность, чем загрязнение атмосферы, по следующим причинам: процессы регенерации, или самоочищения, протекают в водной среде гораздо медленнее, чем в воздухе; источники загрязнения водоемов более разнообразны. Естественные процессы, осуществляющиеся в водной среде и подвергающиеся действию загрязнений, более чувствительны сами по себе и имеют большее значение для обеспечения жизни на Земле, чем те, которые протекают в атмосфере.

Контрольные вопросы

1. Понятие о гидросфере, её строение.
2. Природная вода, её загрязнение.
3. Водопользование и водопотребление.
4. Классификация природных вод.
5. Последствия нерационального использования водных ресурсов.
6. Основные источники загрязнения природных вод.
7. Основные виды сточных вод.

ЗАНЯТИЕ №7
Заповедное дело в России

Цель занятия: изучить историю заповедного дела в России и основные характеристики охраняемых природных территорий в России.

Задание 1. История развития заповедного дела в России.

Задание 2. Охраняемые природные территории в России, их задачи.

Задание 3. Сущность, задачи, правовой режим и значение заповедников.

История развития заповедного дела в России

Уже на самых ранних этапах своего развития различные племена, населявшие территорию нашей страны, обращали внимание на водные источники с особо чистой или целебной водой, места

концентрации полезных растений и животных. Понимая и зная их значение, они брали их под охрану, объявляя священными. Древние охотничьи племена прекращали охоту на определённых территориях. Свод древнерусского права «Русская правда», действовавший в Киевской Руси при Ярославе Мудром (начало 11 в.) (рис. 6), ограничивал промысел диких зверей и птиц. К 11 веку к западу от Киева возникли охотничьи заказники «Зверинец» и «Соколий Рог». В 13 веке в Беловежской Пуще ограничивалась добыча зубров.

Рис. 6. Ярослав Мудрый

В 14-15 вв. в некоторых местах устанавливался заповедный режим, предусматривавший полный или частичный запрет на охоту, ловлю рыбы, вырубку леса и т.д. Своеобразными «охраняемыми территориями» в 16-17 вв. стали так называемые засеки, составлявшие основу системы оборонительных сооружений на южных и юго-восточных границах Русского государства. При царе Алексее Михайловиче Романове (17 в.) (рис. 7) возникло понятие «государевы заповедные леса», в которых строго запрещались не только охота и рубка леса, но и пребывание людей (например, Кунцевская местность к западу от Москвы). Среди территорий, разрушаемых человеком, на протяжении столетий охраняются оазисы природы, заповедники или, как их называли наши предки, «запретники» (или «отказники»). Русский язык очень своеобразен и могуч, и слово «запретник» на первых порах очень точно передавало суть этой охраняемой природной зоны: запрещено рубить лес, добывать животных, в конце концов, просто заходить на определённую территорию. Это и был «запретник», или «отказник», – предшественник современных охраняемых природных территорий. Инстинктивно наши предки стремились сохранить для себя и для будущих поколений имеющееся на земле богатство и красоту природы.

Рис. 7. Царь А. М. Романов

История «запретников» насчитывает много столетий. Они принимали различные формы:

1) участки охотничьих угодий, где запрещали добывать зверя и птицу; припоселковые кедровники в Сибири, где нельзя было собирать кедр, особенно рубить плодоносящие деревья – «хлебное дерево тайги», так называли и называют кедр;

2) культовые участки в глубине таёжных угодий. Люди, проходившие мимо таких мест, которые считались священными, оставляли какую-нибудь ленточку, охотничий трофей.

Позднее возникла еще одна форма охраны – запрет на охоту и использование растительности в местах захоронения предков. Средневековье породило три новых формы заповедных территорий:

• первая – организация закрытых феодальных помещичьих охотничьих угодий. Начиная с княгини Ольги, летописи упоминают о наличии таких территорий в Киевском княжестве;

• вторая – земельные владения монастырей. Во многих из них находились под запретом сбор растений и охота на животных;

• третья – пограничные леса.

По царскому указу от 1638 года никто не имел право посещать пограничные леса третьей заповедной зоны под страхом смертной казни. Петр I принял указ об учреждении «заповедных участков» и объявлении «заповедных деревьев», нарушение которого каралось смертной казнью. Им были установлены заповедные зоны для рубок лесов в 55 км от берегов крупных рек, 16,5 км – от малых. Екатерина II (рис. 8) предписала пятую часть всех фабричных лесов окопать рвами и создать «заказные рощи», чтобы сохранить лучшие деревья для кораблестроения. Понятие заповедности в XIX веке главным образом связано с охраной лесов, что создавало благоприятные условия для существования животного мира. Указ Сената от 10 ноября 1832 г. повелевал выделять в неприкосновенный запас из лесов казенных крестьян «заказные рощи», получившие название «заповедных».

Рис. 8. Екатерина II

Пётр I издал около 200 указов и распоряжений, касающихся охраны, воспроизводства и хозяйственного использования лесов, в том числе «корабельных» на Дону в 1695 г. и водоохранных в 1701 г., о принципах выделения заповедных

лесов в 1707 г. По его указу в 1706 г. был заложен Аптекарский огород, который в 1805 г. перешёл в ведение Московского университета и стал называться Ботаническим садом. В Сибири традиционно строго оберегались кедровые рощи, соболиные угодья, ритуальные мысы и скалы по берегам крупных рек и на озере Байкал. Кроме того, заповедными считались владения некоторых монастырей (Саровского, Трифоново-Печенгского и др.).

Идея заповедности приобретает широкое распространение. На частные средства в 1882 г. создается заповедник на Камчатке. Граф Потоцкий организовывает заповедник в Волынской губернии, графы Шереметевы – на реке Ворскле под Белгородом, стараниями ученого В. В. Докучаева заповедан участок Старобельской степи. Этот список можно продолжить. В России частные заповедники создавались на землях помещиков. Первым известным заповедником на общинных угодьях стал заповедник Аскания-Нова, который принадлежит теперь Украине.

Хотя «празаказники» и «празаповедники» существовали и раньше, официальная история охраняемых природных территорий начинается в мире с 1872 г., когда был создан Йеллоустонский национальный парк в Северной Америке, существующий до сих пор и посещаемый ежегодно миллионами туристов.

При выделении охраняемых природных территорий в России изначально преследовалась цель полного их заповедания в научных целях. У истоков отечественного заповедного дела стояли российские естествоиспытатели – В. В. Докучаев, И. П. Бородин, Г. А. Кожевников, И. К. Пачоский, В. И. Талиев, А. П.и В. П. Семёновы-Тян-Шанские, В. Н. Сукачёв и др., в работах которых было определено место заповедников в системе природопользования, сформулированы основные задачи их деятельности и определены режимы охраны. Отмечались особое значение заповедников как эталонов природы и необходимость полного запрета хозяйственной деятельности на их территориях. По мере формирования сети заповедников перед ними ставились задачи сохранения многообразия растительного и животного мира, изучения процессов развития биологических систем, организации постоянных наблюдений за природой.

Инициатива создания первых заповедных участков с научными целями принадлежала В. В. Докучаеву, заложившему в конце 19 в. опытные степные станции на юге Европейской части России.

В 1898 г. биологом И. К. Пачоским на территории имения Аскания-Нова в Херсо-нской губернии (в то время там существовало овцеводческое хозяйство с любительским зоопарком, основанным помещиком Ф. Э. Фальц-Фейном) был выделен степной заповедный уча-сток. Активное движение за создание заповедников в Российской Империи развернулось в начале XX-го века в связи с деятельностью ряда научных обществ, ставивших своей целью не только изучение, но и конкретную охрану природы. В 1908 году председатель общества акклиматизации животных и растений, профессор Г. А. Кожевников выступил с докладом «О необходимости устройства заповедных участков для охраны русской природы», ставшим наряду с выступлениями академика И. П. Бородина своего рода программой действий по созданию заповедников на территории России. Позднее возникло ещё несколько частных заповедников: Лес на Ворскле, степной заповедник у Валуек и др. В 1908 г. зоолог Г. А. Кожевников обосновал необходимость создания заповедников как эталонов природы. Эту идею поддержали ботаник И. П. Бородин и лесовод Г. П. Морозов, предложившие выделять такие заповедники в различных типах ландшафтов.

Первые заповедники на территории дореволюционной России были созданы в 1911-1912 гг. Петербургской АН на базе орнитологических станций в Прибалтике (национальный парк Вильсанди в Эстонии, один из старейших заповедников Морицсала в Латвии и др.).

В 1912 г. было объявлено о заповедании частных владений в Логодехском ущелье, расположенном в восточной части Главного Кавказского хребта. Тогда же Академией наук и Природоохранительной комиссией были подготовлены проекты ряда других заповедников на Кавказе, в дельте Волги и под Пензой, однако воплотить эти замыслы не удалось из-за противодействия частных землевладельцев, поддержанных правительством.

Создание в Петербурге постоянной природоохранительной комиссии Русского Географического общества, состав и положение о которой были утверждены Советом общества 5 марта 1912 года, имело немаловажное значение в развитии заповедного дела. Основной целью комиссии было сбережение в неприкосновенности отдельных участков или целых местностей, нуждающихся в охране и особом изучении. В частности, делались попытки организации заповедника на Кавказе на территории Кубанской

Великокняжеской охоты, но осуществлены они не были из-за возражений руководства Кубанского казачьего войска, которому принадлежали эти земли. По инициативе этой комиссии был разработан первый проект закона о заповедниках (С. В. Завадский, 1916) и план их географического размещения (В. П. Семёнов-Тян-Шанский, 1917). В 1911-1914 гг. были осуществлены первые государственные мероприятия в области заповедного дела в России. Они связаны с деятельностью отдела рыбных промыслов и охоты Главного управления землеустройства и земледелия Департамента земледелия, которым тогда заведовал зоолог В. К.Бражников. В 1912 году этим Департаментом были организованы экспедиции для обследования Волжской дельты и на Северный Урал. Одновременно Ф. Ф. Шиллингером, впоследствии известным деятелем в области охраны природы, был представлен проект создания соболиных заповедников-зооферм в Прибайкалье. Поступали предложения о заповедании участков для охраны соболя в Печорской тайге, на Западном Саяне и в других районах России.

В 1913 году было организовано три экспедиции для проектирования специальных соболиных заповедников: Баргузинская, Саянская и Камчатская. А уже в 1915 году постановлением иркутского генерал-губернатора проектируемая под Саянский заповедник территория была изъята из охотничьего промысла. Для сохранения значительно сократившихся ресурсов соболя в Сибири были организованы Китойский (1914) и Саянский (1915) соболиные заповедники. 29 декабря 1916 года правительственным постановлением был официально учрежден первый в России Баргузинский государственный заповедник в Бурятии. Почему в глубине тайги, почти недостижимой в те времена, возник заповедник? Как будто природе Байкала ничто не угрожало, но была особая причина создания заповедника: первые из них способствовали охране и воспроизводству охотничьих животных. Соболь в России в конце XIX - начале XX века был близок к истреблению, и чтобы сохранить этого ценнейшего зверька – гордость России – был создан Баргузинский заповедник. Также в 1916 году усилиями местного лесного общества в Приморье был создан заповедник «Кедровая Падь». Но Саянский заповедник, как и «Кедровая Падь», в те годы не были утверждены на имперском (федеральном уровне), поэтому остались де-юре местными инициативами. В 1917 г. на месте царских охотничьих угодий появился Крымский заповедник.

Временное правительство России также внесло свой вклад в заповедное дело – направило в 1917 году своего эмиссара на защиту заповедника "Аскания-Нова" и еще двоих – в Крым, организовывать национальный парк. Руководство нашей страны принимало меры по организации заповедников даже в годы гражданской войны.

Первыми заповедниками советского периода стали Астраханский и Пензенский, учреждённые в 1919 г.; тогда же была объявлена заповедником и Аскания-Нова. В 1920 г. на Урале был организован государственный природный Ильменский заповедник им. Ленина, расположенный на восточных склонах Челябинской области. В то же время руководство заповедниками было возложено на Народный комиссариат по просвещению – ведомство, не связанное с эксплуатацией природных ресурсов, в котором имелись специальные подразделения по охране природы. В 1924 г. на Северном Кавказе был создан Кавказский заповедник, а в 1925 – заповедники Столбы (под Красноярском), Галичья Гора (Липецкая обл.), Лес на Ворскле (с 1999 г. заповедник Белогорье в Белгородской обл.) и др. Именно тогда сформировалось представление о государственном заповеднике как природоохранном и научно-исследовательском учреждении (в отличие от зарубежных национальных парков, предназначенных прежде всего для общения человека с природой).

В 1933 г. был учреждён Комитет по заповедникам при Президиуме ВЦИК, преобразованный в 1939 г. в Главное управление по заповедникам при Совнаркоме РСФСР. В 1935-40 гг. на территории РФ было создано более 10 государственных заповедников. Широкомасштабные преобразования, происходившие в то время в стране, заставили сотрудников заповедников наряду с научной работой заниматься решением практических задач: акклиматизацией растений и животных, закладкой ферм, питомников и плантаций различного профиля и др.

В годы Великой Отечественной войны многие заповедники оказались на оккупированной территории и понесли тяжёлый урон, однако ни один из них не был закрыт. Более того, в 1943 году организованно два новых заповедника, в 1945 – 6. В первые послевоенные годы возникли пять новых заповедников:

1) в Подмосковье (до наших дней из них сохранился только Приокско-Террасный) (левый берег Оки, в Серпуховском районе Московской области);

2) на северном берегу Рыбинского водохранилища (Дарвинский) (Череповецкий район Вологодской области и Брейтовского района Ярославской области);

3) в Свердловской обл. (Висим – Висимский биосферный заповедник в Свердловской области и Денежкин Камень – гора в России на северном Урале в Свердловской области);

4) в Забайкалье (Читинский), расположен на юго-востоке Читинской области;

5) на Сахалине (Средне-Сахалинский и Южно-Сахалинский).

С серьёзными трудностями столкнулось заповедное дело в 1950-60-х гг., когда был принят ряд необоснованных решений о реформировании системы заповедников. В августе 1951 года Сталин подписал постановление, предписавшее закрыть 88 из 128 заповедников СССР. В результате реорганизации в 1951 г. число заповедников сократилось более чем вдвое, а их общая площадь уменьшилась с 120 тыс. до 10 тыс. кв. км. Прокатившаяся по стране волна очередных репрессий не пощадила и защитников природы, заповедники считались иждивенцами на шее государства.

В 1951 г. было упразднено большинство крупных заповедников Сибири и Дальнего Востока (в их числе Алтайский, Кондо-Сосвинский, Кроноцкий, Саянский, Читинский). Сохранившиеся заповедники, территории которых были сокращены до минимума, получили более низкий статус научно-опытных станций, ориентированных на решение конкретных задач сельского, лесного и охотничьего хозяйства. На выведенных из-под заповедного режима территориях резко усилилась хозяйственная деятельность. Рубили лес, косили траву, стреляли зверя, ловили рыбу. Пострадала производственная и материально-техническая база заповедников; конторы, научные помещения, жильё, транспорт перешли в руки новых хозяев. Прервались многолетние исследования, исчезли бесценные архивы. Понесли урон профессиональные кадры. Моральные, нравственные издержки тоже задержали процесс развития природоохранного дела. Ликвидация всех Главных управлений по заповедникам при Советах Министров союзных республик

привела к существенным нарушениям системы управления заповедниками и обеспечения их научной деятельности.

Во второй половине 1950-х гг., после создания Главного управления охотничьего хозяйства и заповедников началось восстановление разрушенной заповедной системы. Были воссозданы Алтайский, Башкирский, Кроноцкий заповедники, расширены территории Баргузинского, Сихотэ-Алинского, Печоро-Илычского и некоторых других заповедников. В 1960 г. принят «Закон об охране природы в РСФСР», в котором имелись специальные статьи о заповедниках и других охраняемых природных территориях. Несмотря на это, уже в 1961 г. 16 заповедников было ликвидировано (причём некоторые из них повторно), ряд других преобразованы в филиалы, а территории 7 – были уменьшены. Некоторая стабилизация наступила в середине 60-х гг., когда были приняты меры для восстановления заповедных территорий, обеспечения их организационной и правовой деятельности.

Развитие системы заповедников ускорилось в 1970-80-х гг., что связано с осознанием государством и обществом актуальности и значимости глобальных экологических проблем. В Москве и Новосибирске были созданы специальные подразделения для научного проектирования новых заповедников, которые размещались преимущественно на Крайнем Севере (Таймырский, Усть-Ленский, Остров Врангеля), в районах Дальнего Востока (Буреинский, Джугджурский), Сибири (Саяно-Шушенский, Малая Сосьва, Сохондинский, Даурский).

Новая очень мощная волна создания заповедников наблюдается уже в 90-х гг. В 1993 году в системе Госкомприроды России было создано 6, в 1994 году – 5, в 1995 г. – 4, в 1996 г. – 1 и в 1997 г. – 4 новых заповедника. Таким образом, за эти 5 лет было создано более одной пятой существующих в стране заповедников общей площадью в 10,3 млн. га, т.е. почти треть заповедной территории нашей страны. В столь высокой интенсивности создания новых заповедников проявлялся ряд обстоятельств, способствовавших их созданию и дальнейшему развитию. Во-первых, это перераспределение власти от центра к местным органам – экологическая общественность легко добивалась успеха на местных уровнях, апеллируя к региональному престижу местных властных элит в регионах, где до последнего времени заповедники отсутствовали. Во-вторых, сказался резкий рост активности «зеленых» движений

в конце 80-х – начале 90-х гг. и, наконец, в-третьих, положительный эффект возымела неясность в вопросах собственности на землю. Пока земля не получила реальных собственников или не вернулась полностью в руки государственных чиновников, сопротивление производителей природоохранным усилиям экологов оказалось ослабленным. Позже такого же благоприятного периода не будет при любом сценарии развития России. Последним в 20 в. был учреждён заповедник Эрзи в Ингушской Республике (2000 г.).

Охраняемые природные территории в России, их задачи

Охрана природы – одна из острейших проблем на рубеже XX и XXI вв. В последние десятилетие во всём мире необычайно возрос интерес к ОПТ – охраняемым природным территориям. Это объясняется тем, что на Земле всё меньше остаётся уголков природы, не тронутых ещё человеком.

ОПТ – это участки биосферы, исключённые из хозяйственного оборота и предназначенные для сохранения природы, имеющей научное, историческое, хозяйственное или эстетическое значение.

Сейчас на Земле насчитывается около 3500 ОПТ с общей площадью свыше 4 млн. кв. км. (или 3% площади суши). В последние годы в разных регионах мира наблюдается рост площади ОПТ (Новая Зеландия около 19% территории страны, Австрия – 15%, Норвегия – более 9%, Венесуэла – 8%, Франция – 7%).

В современной сети ОПТ есть и гиганты, и карлики. Так, Гренландский национальный парк на северо-востоке Гренландии занимает около 70000 кв. км. В Западной Европе обычны ОПТ всего в несколько десятков или сотен гектаров. Самыми крупными заповедниками в России являются:

1) Большой Арктический государственный природный заповедник (41692 кв. км.) расположенный на территории Таймырского автономного округа. Создан 11 мая 1993 г.

2) Командорский государственный заповедник (36487 кв. км.), расположен на Командорских островах в юго-западной части Берингова моря. Создан 23 апреля 1993 г.

3) Путоранский государственный природный заповедник (18873 кв. км.), расположенный в пределах плато Путорана, в северо-западной части Среднесибирского плоскогорья, южнее полуострова Таймыр. Основан 15 декабря 1988 г.

4) Таймырский природный биосферный заповедник (17819 кв.км.) – один из крупнейших заповедников России, расположенный на севере Красноярского края, на полуострове Таймыр. Создан 23 февраля 1979 г.

5) Усть-Ленский государственный природный заповедник (14330 кв. км.), расположенный в дельте реки Лены и на западном склоне северной оконечности хребта Хараулах, на территории Булунского района Республики Саха (Якутии). Организован 18 декабря 1985 года.

6) Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник (11420 кв. км.) – один из старейших заповедников России. Как государственный заповедник он образован в 1934 году на месте существовавшего с 1882 года Соболиного заповедника и расположен в восточной части полуострова Камчатка.

7) Центральносибирский государственный природный биосферный заповедник (9720 кв. км.), Заповедник расположен на западной окраине центральной части Средне-Сибирского плоскогорья и в долине среднего течения Енисея. Создан 9 января 1985 г.

Наряду с заповедниками-великанами имеются заповедники-малютки. К ним относятся:

8) Галичья гора (2 кв. км.) – государственный заповедник в центре Северо-Донского реликтового ботанического района. Памятник природы, ботанический феномен. Расположен на Среднерусской возвышенности в Липецкой области. Создан в ноябре 1969 г.

9) Лес на Ворскле (10 кв. км.) – участок заповедника «Белогорье», расположенный в окрестностях п. Борисовка, на правом берегу верховий реки Ворсклы в Белгородской обл. Создан в 1999 г.

10) Приокско-Террасный биосферный (49 кв. км.) – особо охраняемая природная территория Российской Федерации. Расположен на левом берегу Оки, в Серпуховском районе Московской области. Создан 19 июня 1945 г.

Вместе они создают единую систему, обеспечивающую сохранение природы крупных регионов, их флоры, фауны, природных систем. Они образуют как бы природоохранный каркас и «экологические русла» для обмена биотой между природно-территориальными комплексами (ПТК) разной степени антропогенного нарушения. Без развитой системы таких ОПТ отдельные охраняемые участки не способны полностью выполнять функции

сохранения природы, так как они уязвимы к внешним воздействиям. Они оказываются «островами» среди культурного комплекса.

Развивающееся научное направление об ОПТ предусматривает изучение типичных и уникальных охраняемых природных систем и объектов Земли. Основная задача данной науки (география ОПТ) – исследование пространственной и временной изменчивости ОПТ. В ходе изучения ОПТ используются различные методы: полевой, картографический, космический, исторический, дендроиндикационный (анализируется информация, заключённая в годичных кольцах), статистический и др.

Наряду с природоохранными функциями – поддержание экологического равновесия, сохранение генетического фонда и естественных ресурсов (ОПТ являются биофильтрами отходов промышленности) – система ОПТ выполняет следующие задачи:

- экономические – обеспечение прироста национального дохода (в условиях здоровой природы и экологического равновесия);
- научные – сохранение эталонов неизменной природы (естественных научных лабораторий), изучение путей рационального природопользования, мониторинг изменений природы под воздействием человека;
- социальные – удовлетворение оздоровительных, рекреационных и эстетических потребностей общества, которые способствуют проведению учебной и культурно-просветительной природоохранной работы, патриотическому воспитанию населения.

В системе государственных мероприятий по охране природы России важную роль играет создание заповедников, где охраняются эталонные природные комплексы с целью изучения естественного хода природных процессов.

Сущность, задачи, правовой режим и значение заповедников

В энциклопедическом словаре «Биология» дано следующее определение заповедников: «Охраняемая природная территория (акватория), на которой сохраняется в естественном состоянии весь природный комплекс – типичные или редкие для данной зоны ландшафты, редкие и ценные для данной зоны виды животных и растений и пр. Главная задача заповедников – сохранение и восстановление эталонных природных экосистем, а также свойственного для данного региона генофонда организмов».

Сущность заповедников

Заповедник – специфичная для СССР/России форма особо охраняемой природной территории, практически не имеющая аналогов в мире (недаром в зарубежных публикациях о российсих особо охраняемых территориях все чаще встречается не перевод "reserve", а прямая транскрипция "zapovednik"). Только в России заповедник является не только охраняемой территорией, но и научным учреждением.

Заповедники являются природоохранными, научно-исследовательскими и эколого-просветительскими учреждениями, имеющими целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем.

Природные ресурсы, имеющиеся на территории государственных природных заповедников, предоставляются им в бессрочное пользование. Все имущество заповедника, включая природные комплексы и объекты, является федеральной собственностью и не может быть предметом каких-либо сделок по его отчуждению.

Российские заповедники с первого момента их создания предназначались “исключительно для решения научных и научно-технических задач страны”. В этом специфика и принципиальное отличие заповедников от других форм охраняемых территорий, как у нас, так и за рубежом.

Образование и деятельность государственных природных заповедников регулируются раз-делом 2 Федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях», согласно кото-рому (ст. 1 и 2) на территории государственных природных заповедников полностью изымаются из хозяйственного использования особо охраняемые природные комплексы и объекты (земля, воды, недра, растительный и животный мир), имеющие природоохранное, научное, эколого-просветительское значение как образцы естественной природной среды, типичные или редкие ландшафты, места сохранения генетического фонда растительного и животного мира.

Государственные природные заповедники являются природоохранными, научно-исследовательскими и эколого-просветительскими учреждениями, имеющими целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений,

генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем.

Земля, воды, недра, растительный и животный мир, находящиеся на территориях государственных природных заповедников, предоставляются в пользование (владение) государственным природным заповедникам на правах, предусмотренных федеральными законами.

Объектами охраны в заповедниках служат как экосистемы, способные к саморегуляции и самовоспроизводству, так и экосистемы, воспроизводимые, но к самовоспроизводству и саморегулированию не способные из-за незначительных размеров территории и мощного антропогенного воздействия со стороны окружающих территорий. Изучение закономерностей процессов в сложных природных системах может дать результаты только при условии регистрации состояния этих процессов в отдельные моменты их развития, что требует непрерывной научно-исследовательской работы. В соответствии с этим заповедники представляют собой региональные научно-исследовательские учреждения со штатом научных сотрудников и соответствующим оборудованием, обеспечивающим ведение многолетних стационарных комплексных исследований. Научные исследования в заповедниках направлены на изучение объектов природы и природных комплексов в целях обоснования методов рационального природопользования.

На заповедных территориях запрещается какая бы то ни было производственная деятельность. Массовые посещения заповедников не разрешаются. Вокруг заповедной территории устанавливается охранная зона, в пределах которой хозяйственная деятельность ограничивается (допускаются лишь такие её формы, которые не наносят ущерба природным комплексам заповедника). Территории заповедников навечно изымаются из хозяйственного пользования; в заповедниках запрещены всякая охота, ловля животных, пастьба скота, рубки деревьев, сбор различных растений, сенокошение и пр.

Задачи заповедников

На заповедники возложены следующие задачи:

1) осуществление охраны природных территорий в целях сохранения биологического разнообразия и поддержания в есте-

ственном состоянии охраняемых природных комплексов и объектов;

2) организация и проведение научных исследований, включая ведение летописи природы. Летопись природы представляет собой ежегодную сводку данных о состоянии заповедных территорий и компонентов экосистем;

3) осуществление экологического мониторинга в рамках общегосударственной системы мониторинга окружающей природной среды;

4) экологическое просвещение;

5) участие в государственной экологической экспертизе проектов и схем размещения хозяйственных и иных объектов;

6) содействие в подготовке специалистов в области охраны окружающей природной среды.

Правовой режим заповедников

Наиболее характерной чертой правового режима государственного природного заповедника является то, что любая деятельность, противоречащая указанным задачам и правилам его особой охраны, запрещается. Пребывание на территории заповедника граждан, не являющихся работниками данных заповедников или должностными лицами органов, в ведении которых находятся эти заповедники, допускается только при наличии разрешений этих органов или дирекций заповедников.

В соответствии с международными программами по охране окружающей природной среды в нашей стране созданы биосферные заповедники. Они входят в международную систему биосферных резерватов, осуществляющих глобальный экологический мониторинг.

Значение заповедников

С увеличением народонаселения, стремительным ростом городов и крупной промышленности, дальнейшим продвижением научно-технической революции масштабы влияния человеческой деятельности на природную среду принимают все более обширные размеры. На земном шаре остается все меньше участков в их естественном первозданном состоянии. Биосфера планеты начинает претерпевать значительные изменения. Некоторые из этих изменений по утверждению крупнейших экологов мира могут носить

не только отрицательный, но и необратимый характер. Усиленно урбанизирующееся человечество на своих ошибках все отчетливее начинает понимать, насколько хрупко и ранимо все живое на земле – деревья, кустарники, травы, звери, птицы, рыбы и насекомые. Это обстоятельство заставляет обращать особое внимание на охрану лесных территорий, создание специальных заповедников, национальных парков и других природных резерватов.

Высшей формой охраны природы являются государственные заповедники. «Заповедное кружево должно быть таким, – считает доктор биологических наук Н. Ф. Реймерс, – чтобы на Земле сохранялись все виды живого, чтобы нигде не возникло недостатка кислорода и воды, а это возможно лишь при сбалансированности между биосферной и техногенной частями планеты, при гармоничном взаимодействии природы и общества».

Большая работа в этой области проводится в рамках ЮНЕСКО по международной программе «Человек и биосфера». В ней 14 основных проектов, направленных на изучение влияния человека на определенную экосистему и выяснение обратного воздействия изменений, происходящих в экосистемах, на человеческое общество. Вот один из этих проектов: «Воздействие человека на тропические леса и леса умеренного климата, на пустыни, внутренние водоемы». Особый проект предусматривает изучение возможностей сохранения генофонда планеты. В рамках этой же программы ЮНЕСКО на планете создана система биосферных заповедников.

Контрольные вопросы

1. История развития заповедного дела в России.
2. Понятие охраняемых природных территорий. Охраняемые природные территории в России.
3. Задачи охраняемых природных территорий.
4. Сущность заповедников.
5. Задачи заповедных территорий.
6. Особенности правового режима заповедников.
6. Значение заповедников.

Рекомендуемая литература

1. Степановских, А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды - [Текст]. - М.: ЮНИ-ТИ-ДАНА, 2005. – 751 с.

2. Черников, В.А. Агроэкология: методология, технология, экономика. / В,А. Черников, А.И. Чекереса. Учебное пособие для ВУЗов. - [Текст]. М.: Издательство «КолосС», 2004. – 400 с.

3. Калыгин, В.Г. Промышленная экология. Учебное пособие для ВУЗов. - [Текст]. М.: Изда-тельский центр «Академия», 2010. – 432 с.

4. Охрана природы и заповедное дело (курс лекций). Учебное пособие. - [Текст]. Ставрополь: АГРУС, 2006. – 344 с.

5. Трифонова, Т.А. Прикладная экология. /Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова, Н.В. Мищенко / - [Текст]. М.: Издательство: «Академический проект», 2007. – 384 с.

6. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестиро-вание. / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. Учебное пособие. - [Текст]. М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

7. Биоклиматический потенциал России: методы мониторинга в условиях изменяющегося климата / Под ред. А.В. Гордеева - [Текст], 2007 - 236 с.

8. Агрономия, агрохимия, агропочвоведение, агроэкология, общая химия, лесоведение, садово-парковое и садовое строительство, ветеринария и зооинженерия, LXX Всероссийская науч.-практич. конференция молодых ученых, аспирантов и студентов (30-31 марта 2010г.). - [Текст]. Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2010. – 374 с.

9. Меньшиков, А.М. Полевые изыскания и обследования лесных дорог. Учебное пособие. - [Текст]. Архангельск. Издательство «ИПЦ САФУ», 2011 - 115 с.

10. Ашихмина, Т.Я. Экологический мониторинг. - [Текст]. М.: Академический проект: Альма Матер, 2008. – 416 с.

Оглавление

Предисловие…….…….3

Занятие №1
Введение в прикладную экологию.…….….5

Занятие №2
Особенности взаимодействия общества и природы в истории цивилизации……...13

Занятие №3
Основные виды антропогенных воздействий на биосферу…..37

Занятие №4
Экология почв…….…….....40

Занятие №5
Загрязнение почв….…….....52

Занятие №6
Экология гидросферы……..…67

Занятие №7
Заповедное дело в России……78

Рекомендуемая литература…….……..……..…94
Оглавление……...95

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Экологический мониторинг

Методические указания
для проведения практических занятий

для студентов 4 курса очного отделения, обучающихся
по направлению подготовки 06.03.01 «Биология»

Кинель
РИЦ СГСХА
2014

УДК 577.4 (07)
ББК 40.08 : 43.425 Р
П-30

Петряков, В. В.
П-30 Экологический мониторинг : методические указания. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 79 с.

В методических указаниях изложены вопросы организации, функционирования и результативности систем экологического мониторинга. Описаны состав атмосферного воздуха, гидросферных объектов, почвы; классификация загрязнителей; нормирование загрязнителей и оценка экологического состояния экосистем. Большое внимание уделено вопросам организации наблюдений, проведению пробоотбора и пробоподготовки, устройствам и аппаратуре пробоотбора, а также методам и средствам мониторинга окружающей среды.

Методические указания предназначены для студентов биологических специальностей, в том числе обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014
© Петряков В. В., 2014

Предисловие

Одной из самых важных проблем человечества является проблема сохранения окружающей среды и переход общества к устойчивому развитию.

Экологический мониторинг – сложная, многогранная проблема, требующая для своего решения как глобальных, так и локальных усилий стран и регионов.

При решении экологических проблем трудно переоценить роль экологического воспитания и образования, а также подготовки экологических кадров. Практическое использование экологических знаний с целью решения множества задач, выдвигаемых современным уровнем развития науки, требует более углублённых и специальных познаний в различных разделах дисциплины экологического профиля.

Система экологического мониторинга не ограничивается только сбором информации об окружающей среде. Экологический мониторинг сам по себе является исследованием, которое включает в себя этапы сбора, упорядочивания, анализа данных, прогнозирования и принятия управленческого решения. Постоянный мониторинг лежит также в основе функционирования кадастровых систем, геоинформационных систем, а также экосистемного анализа. Данные экологического мониторинга используются при проведении экологической экспертизы, например, для оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), экологического аудита и в других смежных областях.

Целью издания методических указаний является формирование у студентов способности понимать сущность техногенных процессов и использовать современные методы мониторинга в производственной деятельности, формирование творческого мышления, объединение фундаментальных знаний основных методов проведения мониторинга с последующей обработкой и анализом результатов исследований для принятия организационно-управленческих решений.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций (в соответствии с ФГОС ВПО и требованиями к результатам освоения ООП):

- способность проявлять экологическую грамотность и использовать базовые знания в области биологии в жизненных ситуациях; способность понимать социальную значимость и уметь прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности, готовность нести ответственность за свои решения;

- знать принципы мониторинга, оценки состояния природной среды и охраны живой природы, участвовать в планировании и реализации соответствующих мероприятий.

Практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в вопросы, связанные с особенностями изменений состояния окружающей среды. Для рассмотрения одной темы на каждое практическое занятие студентам отводится 2 часа.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1
Научные основы экологического мониторинга

***Цель занятия*:** изучить понятия и структуру мониторинга, экологического мониторинга, единой государственной системы экологического мониторинга – (ЕГСЭМ) и особенности разработки проекта экологического мониторинга.

Задание 1. Экологический мониторинг, цель, и задачи.

Задание 2. Единая государственная система экологического мониторинга.

Задание 3. Разработка проекта экологического мониторинга.

Экологический мониторинг, цель, и задачи

Информация о состоянии окружающей природной среды, об изменениях этого состояния давно используется человеком для планирования своей деятельности. Уже более 100 лет наблюдения за изменением погоды, климатом ведутся регулярно в цивилизованном мире. Это всем нам знакомые метеорологические, фенологические, сейсмологические и некоторые другие виды наблюдений и измерений состояния окружающей среды. Теперь уже никого не надо убеждать, что за состоянием природной среды надо постоянно наблюдать. Все шире становится круг наблюдений, число измеряемых параметров, все гуще сеть наблюдательных станций. Все большей сложностью обладают проблемы, связанные с мониторингом окружающей среды.

В XX веке в науке вошёл в научный обиход термин «мониторинг» (от лат. monitor – надзирающий) для определения системы повторных целенаправленных наблюдений за одним или более элементами окружающей природной среды в пространстве и во времени.

Мониторингом окружающей среды называют регулярные, выполняемые по заданной программе наблюдения за состоянием природных сред, природных ресурсов, растительного и животного мира, позволяющие выделить происходящие в них процессы под влиянием антропогенной деятельности.

Сам термин «мониторинг» впервые появился в рекомендациях специальной комиссии СКОПЕ (научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО (UNESCO – сокр. от англ. *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization* – Организация Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры) в 1971 году, а в 1972 году уже появились первые предложения по Глобальной системе мониторинга окружающей среды (Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде). Однако такая система не создана по сей день из-за разногласий в объемах, формах и объектах мониторинга, распределении обязанностей между уже существующими системами наблюдений. Такие же проблемы и у нас в стране, поэтому, когда возникает острая необходимость режимных наблюдений за окружающей средой, каждая отрасль должна создавать свою локальную систему мониторинга.

В последние десятилетия общество всё шире использует в своей деятельности сведения о природной среде. Эта информация нужна в повседневной жизни людей, при ведении хозяйства, в строительстве, при чрезвычайных обстоятельствах – для оповещения о надвигающихся опасных явлениях природы. Но изменения в состоянии окружающей среды происходят и под воздействием биосферных процессов, связанных с деятельностью человека.

Ещё одним определением в области мониторинговых исследований выступает понятие «экологический мониторинг».

Под ***экологическим мониторингом*** следует понимать организованный мониторинг окружающей природной среды, при котором, во-первых, обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.), а также оценка состояния и функциональной ценности экосистем; во-вторых, создаются условия для определения корректирующих воздействий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

Наиболее универсальным подходом к определению структуры системы мониторинга является разделение его на блоки (рис. 1).

Основная *цель* экологического мониторинга заключается в обеспечении системы управления природоохранной деятельности и экологической безопасности, получении своевременной и достоверной информации, позволяющей:

1) оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека;

2) выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить корректирующие меры в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются;

3) создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

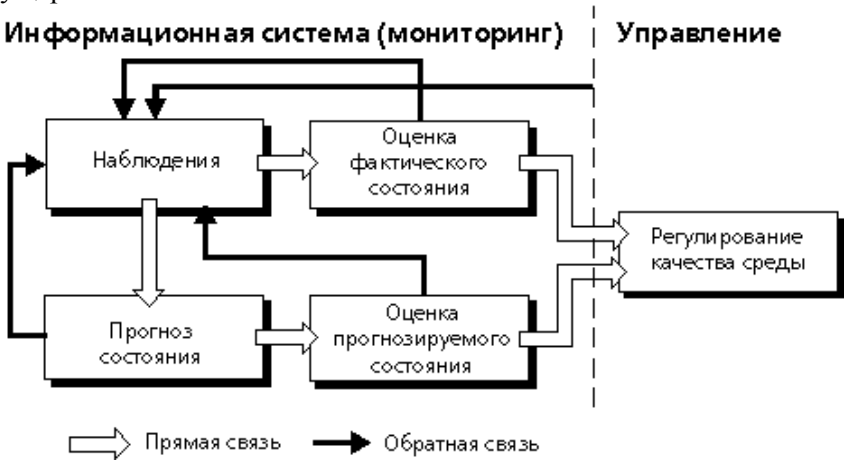


Рис.1. Блок-схема системы мониторинга

Исходя из этих трех основных положений, экологический мониторинг должен быть ориентирован на три общих показателя, таких как: соблюдения, диагностики и раннего предупреждения.

В систему мониторинга должны входить следующие основные *процедуры*:

▪ выделение (определение) объекта наблюдения;

▪ обследование выделенного объекта наблюдения;

▪ составление информационной модели для объекта наблюдения;

▪ планирование измерений;

▪ оценка состояния объекта наблюдения и идентификации его информационной модели;

▪ прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;

▪ представление информации в удобной для пользователя форме и доведение ее до потребителя.

Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию о:

• состоянии окружающей среды;

• причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояния, т. е. об источниках и факторах воздействия;

• допустимости изменений и нагрузок на среду в целом;

• существующих резервах биосферы.

Таким образом, в систему экологического мониторинга входят наблюдения за состоянием элементов биосферы и наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия.

Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды в РФ в 1995 г.» определяет экологический мониторинг в РФ как комплекс выполняемых по научно-обоснованным программам наблюдений, оценок, прогнозов и разрабатываемых на их основе рекомендаций и вариантов управленческих решений, необходимых и достаточных для обеспечения управления состоянием окружающей природной среды и экологической безопасностью.

В соответствии с приведенными определениями и возложенными на систему функциями мониторинг включает три основных направления деятельности:

1) наблюдения за факторами воздействия и состоянием окружающей среды;

2) оценку фактического состояния окружающей среды;

3) прогноз состояния окружающей природной среды и оценку прогнозируемого состояния.

Задачи экологического мониторинга:

1) выделение объекта наблюдения;

2) наблюдение за источниками антропогенного воздействия;

3) наблюдение за факторами антропогенного воздействия;

4) обеспечение сбора, обработки, хранения полной, достоверной и сопоставимой информации о состоянии объектов наблюдения;

5) своевременное доведение до заинтересованных потребителей данных экологического мониторинга;

6) согласованное методологическое и метрологическое обеспечение ведения различных видов мониторинга природной среды;

7) наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия;

8) оценка фактического состояния природной среды;

9) прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды.

Экологический мониторинг окружающей среды может разрабатываться на уровне промышленного объекта, города, района, области, края, республики в составе федерации.

Характер и механизм обобщения информации об экологической обстановке при ее движении по иерархическим уровням системы экологического мониторинга определяются с помощью понятия информационного портрета экологической обстановки. Последний представляет собой совокупность графически представленных пространственно распределенных данных, характеризующих экологическую обстановку на определенной территории, совместно с картографическими данными местности.

Разрешающая способность информационного портрета зависит от масштаба используемой картоосновы. При движении экологической информации от локального уровня (город, район, зона влияния промышленного объекта и т. д.) к федеральному масштабу картоосновы, на которую эта информация наносится, меняется разрешающая способность информационных портретов экологической обстановки на разных иерархических уровнях экологического мониторинга. Так, на локальном уровне экологического мониторинга в информационном портрете должны присутствовать все источники эмиссий (вентиляционные трубы промышленных предприятий, выпуски сточных вод т. д.). На региональном уровне близко расположенные источники воздействия «сливаются» в один групповой источник. В результате этого на региональном информационном портрете небольшой город с несколькими десятками эмиссий выглядит как один локальный источник, параметры которого определяются по данным мониторинга источников.

На федеральном уровне экологического мониторинга наблюдается еще большее обобщение пространственно распределенной информации. В качестве локальных источников эмиссии на этом уровне могут играть роль промышленные районы, достаточно крупные территориальные образования. При переходе от одного

иерархического уровня к другому обобщается не только информация об источниках эмиссии, но и другие данные, характеризующие экологическую обстановку.

Единая государственная система экологического мониторинга

В государственной системе управления природоохранной деятельностью в Российской Федерации важную роль играет формирование единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ). ЕГСЭМ включает в себя следующие основные компоненты:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- мониторинг загрязнения абиотического компонента окружающей природной среды;
- мониторинг биотической компоненты окружающей природной среды;
- социально-гигиенический мониторинг;
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем.

При этом распределение функций между центральными органами федеральной исполнительной власти осуществляется между следующими органами:

1) *Госкомэкология России* (государственный комитет по охране окружающей среды) – (бывший Минприроды России): координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга окружающей природной среды; организация мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду и зон их прямого воздействия; организация мониторинга животного и растительного мира, мониторинг наземной фауны и флоры (кроме лесов); обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем; ведение с заинтересованными министерствами и ведомствами банков данных об окружающей природной среде, природных ресурсах и их использовании.

2) *Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды*: организация мониторинга состояния атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, в том числе комплексного фоно-

вого и космического мониторинга состояния окружающей природной среды; координация развития и функционирования ведомственных подсистем фонового мониторинга загрязнения окружающей природной среды; ведение государственного фонда данных о загрязнении окружающей природной среды.

3) *Роскомзем* (Российский комитет по земельным ресурсам) занимается мониторингом земель.

4) *Министерство природных ресурсов* (включая бывший Роскомнедра и Роскомвоз), осуществляет мониторинг недр (геологической среды), включая мониторинг подземных вод и опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов; мониторинг водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водосбора и сброса сточных вод.

5) *Роскомрыболовство*: мониторинг рыб, других животных и растений.

6) *Рослесхоз* (Федеральное агентство лесного хозяйства): мониторинг лесов.

7) *Роскартография* (Федеральное агентство по геодезии и картографии): осуществление топографо-геодезического и картографического обеспечения ЕГСЭМ, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем.

8) *Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору* (Госгортехнадзор России): координация развития и функционирования подсистем мониторинга геологической среды, связанных с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности; мониторинг обеспечения промышленной безопасности (за исключением объектов Минобороны России и Минатома России).

9) *Госкомэпиднадзор России*: мониторинг воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения.

10) *Минобороны России*: мониторинг окружающей природной среды и источников воздействия на нее на военных объектах; обеспечение ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения.

11) *Государственный комитет РФ по социально-экономическому развитию севера* (Госкомсевер России): участие в развитии и функционировании ЕГСЭМ в районах Арктики и Крайнего Севера.

ЕГСЭМ включает в себя технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ), охватывающего разработку и использование средств, систем и методов наблюдений, оценки и выработки рекомендаций и управляющего воздействия в природно-техногенной сфере, прогнозы ее эволюции, энерго-экологические и технологические характеристики производственной сферы, медико-биологические и санитарно-гигиенические условия существования человека и биоты. Комплексность экологических проблем, их многоаспектность, теснейшая связь с ключевыми отраслями экономики, обороны и обеспечением защиты здоровья и благополучия населения требует единого системного подхода к решению проблемы.

Структуру единого экологического мониторинга можно представить сферами получения, обработки и отображения информации, сферами оценки ситуации и принятия решений.

Структурными звеньями любой системы ЕЭМ являются:

• измерительная система;

• информационная система, включающая в себя базы и банки данных правовой, медико-биологической, санитарно-гигиенической, технико-экономической направленности;

• системы моделирования и оптимизации промышленных объектов;

• системы восстановления и прогноза полей экологических и метеорологических факторов;

• система принятия решений.

Построение измерительного комплекса систем ЕЭМ основывается на использовании точечного и интегрального методов измерений с помощью стационарных (стационарные посты наблюдения) и мобильных (автомобили-лаборатории и аэрокосмические средства) систем. Следует отметить, что аэрокосмические средства привлекаются лишь при необходимости получения крупномасштабных интегральных показателей о состоянии окружающей среды.

Получение необходимой информации обеспечивается за счёт следующих измеряемых показателей:

1) метеорологические характеристики (скорость и направление ветра, температура, давление, влажность атмосферного воздуха и пр.);

2) фоновые концентрации вредных веществ и концентрации загрязняющих веществ вблизи источников загрязнения окружающей среды.

Использование в измерительном комплексе современных контроллеров, решающих вопросы сбора информации с датчиков, первичной обработки и передачи информации потребителю с помощью модемной телефонной и радио связи или по компьютерным сетям, что значительно повышает оперативность системы.

Региональная подсистема ЕЭМ предполагает работу с большими массивами разнообразной информации, включающими данные:

1) по структуре энергопроизводства и энергопотребления региона;

2) гидрометеорологических измерений;

3) значения о концентрациях вредных веществ в окружающей среде;

4) по итогам картографирования и аэрокосмического зондирования;

5) о результатах медико-биологических и социальных исследований и др.

Одной из основных задач в ЕЭМ является создание единого информационного пространства, которое может быть сформировано на основе использования современных геоинформационных технологий. Интеграционный характер геоинформационных систем (ГИС) позволяет создать на их основе мощный инструмент для сбора, хранения, систематизации, анализа и представления информации.

ГИС имеет такие характеристики, которые с полным правом позволяют считать эту технологию основной для целей обработки и управления мониторинговой информацией. Средства ГИС намного превосходят возможности обычных картографических систем, хотя, естественно, включают и все основные функции получения высококачественных карт и планов. В самой концепции ГИС заложены всесторонние возможности сбора, интеграции и анализа любых распределенных в пространстве или привязанных к конкретному месту данных. При необходимости визуализировать имеющуюся информацию в виде карты с графиками или диаграммами, создать, дополнить или видоизменить базу данных пространственных объектов, интегрировать ее с другими базами. Сле-

довательно, единственно верным решением будет обращение к ГИС. Только с появлением ГИС в полной мере реализуется возможность целостного, обобщенного взгляда на комплексные проблемы окружающей среды и экологии. Таким образом, ГИС становится основным элементом систем мониторинга.

Система единого экологического мониторинга предусматривает не только контроль состояния окружающей среды и здоровья населения, но и возможность активного воздействия на ситуацию. Используя верхний иерархический уровень ЕЭМ (сфера принятия решения), а также подсистему экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду, появляется возможность управления источниками загрязнения на основании результатов математического моделирования промышленных объектов или регионов. Под математическим моделированием промышленных объектов понимается моделирование технологического процесса, включая модель воздействия на окружающую среду.

Система единого экологического мониторинга предусматривает разработку двухуровневых математических моделей промышленных предприятий с различной глубиной проработки.

Первый уровень обеспечивает детальное моделирование технологических процессов с учетом влияния отдельных параметров на окружающую среду.

Второй уровень математического моделирования обеспечивает эквивалентное моделирование на основе общих показателей работы промышленных объектов и степени их воздействия на окружающую среду. Эквивалентные модели необходимо иметь прежде всего на уровне администрации региона с целью оперативного прогнозирования экологической обстановки, а также определения размера затрат на уменьшение количества вредных выбросов в окружающую среду. Моделирование текущей ситуации позволяет с достаточной точностью выявить очаги загрязнения и выработать адекватное управляющее воздействие на технологическом и экономическом уровнях.

При практической реализации концепции единого экологического мониторинга не следует забывать о показателях точности оценки ситуации; об информативности сетей (систем) измерений; о необходимости разделения (фильтрации) на отдельные составляющие (фоновые и от различных источников) загрязнения с количественной оценкой; о возможности учета объективных и субъ-

ективных показателей. Данные задачи решает система восстановления и прогноза полей экологических и метеорологических факторов.

Таким образом, единая государственная система экологического мониторинга, несмотря на известные трудности, обеспечивает формирование массива данных для составления экологических карт, разработки ГИС, моделирования и прогноза экологических ситуаций в различных регионах России.

Разработка проекта экологического мониторинга

При разработке проекта экологического мониторинга необходима следующая информация:

1. Источники поступления загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Сюда входят:

1.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами.

1.2. Сбросы сточных вод в водные объекты.

1.3. Поверхностные смывы загрязняющих и биогенных веществ в поверхностные воды суши и моря.

1.4. Внесение на земную поверхность и (или) в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами при ведении сельскохозяйственной деятельности.

1.5. Места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов.

1.6. Техногенные аварии, приводящие к выбросу в атмосферу опасных веществ и (или) разливу жидких загрязняющих и опасных веществ и т. д.

2. Переносы загрязняющих веществ, к которым относятся:

2.1. Процессы атмосферного переноса.

2.2. Процессы переноса и миграции загрязняющих веществ в водной среде.

3. Процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ. К ним относятся:

3.1. Процессы миграции загрязняющих веществ по почвенному профилю до уровня грунтовых вод; миграция загрязняющих веществ по ландшафтно-геохимическому сопряжению с учетом геохимических барьеров и биохимических круговоротов.

3.2. Биохимический круговорот и т. д.

4. Данные о состоянии антропогенных источников эмиссии, такие как мощность источника эмиссии и его месторасположение, гидродинамические условия поступления эмиссии в окружающую среду.

В зоне влияния источников эмиссии организуется систематическое наблюдение за следующими объектами и параметрами окружающей природной среды:

1) Атмосфера: химический и радионуклидный состав газовой и аэрозольной фазы воздушной сферы; твердые и жидкие осадки (снег, дождь) и их химический и радионуклидный состав; тепловое и влажностное загрязнение атмосферы.

2) Гидросфера: химический и радионуклидный состав среды поверхностных вод (реки, озера, водохранилища и т. д.), грунтовых вод, взвесей и донных отложений в природных водостоках и водоемах; тепловое загрязнение поверхностных и грунтовых вод.

3) Почва: химический и радионуклидный состав деятельного слоя почвы.

4) Биота: химическое и радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий, растительного покрова, почвенных зооценозов, наземных сообществ, домашних и диких животных, птиц, насекомых, водных растений, планктона, рыб.

5) Урбанизованная среда: химический и радиационный фон воздушной среды населенных пунктов; химический и радионуклидный состав продуктов питания, питьевой воды и т. д.

6) Население: характерные демографические параметры (численность и плотность населения, рождаемость и смертность, возрастной состав, заболеваемость, уровень врожденных уродств и аномалий); социально-экономические факторы.

Системы мониторинга природных сред и экосистем включают в себя средства наблюдения:

• экологического качества воздушной среды;

• экологического состояния поверхностных вод и водных экосистем;

• экологического состояния геологической среды и наземных экосистем.

Наблюдение в рамках этого вида мониторинга проводятся без учета конкретных источников эмиссии и не связаны с зонами их влияния. Основной принцип организации – природно-экосистемный.

Целями наблюдений, проводимых в рамках мониторинга природных сред и экосистем, являются:

• оценка состояния и функциональной целостности среды обитания и экосистем;

• выявление изменений природных условий в результате антропогенной деятельности на территории;

• исследование изменений экологического климата (многолетнего экологического состояния) территорий.

В заключение следует отметить, что в отдельных регионах разрабатывают мониторинг экологического состояния геологической среды, мониторинг экологического состояния поверхностных вод и связанных с ним экосистем. На территории Российской Федерации функционирует ряд систем мониторинга загрязнения природной среды и состояния природных ресурсов.

Контрольные вопросы

1. Характеристика мониторинга и экологического мониторинга.
2. Цель, процедуры, объекты и задачи экологического мониторинга.
3. Единая государственная система экологического мониторинга, его компоненты.
4. Центральные органы федеральной исполнительной власти ЕГСЭМ.
5. Особенности разработки проекта экологического мониторинга. Объекты и параметры, учитываемые при его разработке.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2
Методы, средства наблюдения и контроль за состоянием окружающей среды

***Цель занятия*:** изучить автоматизированную систему мониторинга; основные методы, средства наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды.

Задание 1 Автоматизированная информационная система – (АИС) мониторинга.

Задание 2. Контактные методы контроля окружающей среды.

Задание 3. Дистанционные методы контроля окружающей среды.

Задание 4. Биологические методы контроля окружающей среды.

Автоматизированная информационная система (АИС) мониторинга

Основу организационной структуры экологического мониторинга составляет АИС, которая создаётся на базе компьютерных средств.

Задачами АИС мониторинга являются:

1) хранение и поиск режимной информации о состоянии окружающей среды;

2) целенаправленная постоянная обработка и оценка информации;

3) выполнение перманентных (повторяющихся) прогнозов развития и состояния окружающей среды;

4) решение оптимизационных задач по экологическому управлению.

Таким образом, сама структура АИС мониторинга состоит из четырёх взаимосвязанных основных блоков (рис. 2), каждый из которых направлен на решение одной из перечисленных выше задач.

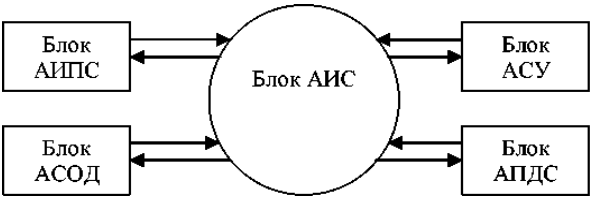


Рис. 2. Структура АИС мониторинга

Первый блок АИС составляет автоматизированная информационно-поисковая система (АИПС). Эта система представляет собой базу данных, которая реализуется с помощью ЭВМ. В систему АИПС из наблюдательной сети поступают все первичные данные об объекте мониторинга (в том числе и данные режимных наблюдений), они накапливаются в базе данных, предварительно обраба-

тываются, сортируются и используются затем во всех последующих операциях по оценке и прогнозу состояния экосистем.

Вторым блоком АИС является автоматизированная система обработки данных (АСОД). Эта система проводит целенаправленную обработку и оценку поступающей информации в области мониторинга экосистем.

Третий блок АИС представляет собой автоматизированную прогнозно-диагностическую систему (АПДС). С помощью этого блока решаются все вопросы по составлению перманентных, т.е. непрерывно продолжающихся, повторяющихся прогнозов в соответствии с функциональной схемой мониторинга. Этот блок реализуется с помощью геоинформационных технологий (ГИС-технологий).

Четвёртый блок составляет автоматизированная система управления (АСУ), направленная на решение задач по управлению и разработке рекомендаций. АСУ также практически реализуется с помощью ГИС-технологий.

Все четыре блока АИС связаны друг с другом и образуют единую функционирующую систему. Основным вопросом при организации АИС является её информационное, техническое и математическое обеспечение.

Информационное обеспечение составляет содержательную основу, хранящуюся в базе данных для её последующего анализа, обработки, оценки, многоцелевого поиска, пополнения и выдачи. Данные собираются как из наблюдательных сетей мониторинга, так и из сторонних источников (административных органов, проектных и производственных организаций, фондов, научных библиотек, архивов и др.). Поступающая в АИС любая информация должна быть унифицирована, т.е. приведена в вид, удобный для её дальнейшего использования в базе данных. Это чрезвычайно важный вопрос, особенно при создании разветвлённых локальных сетей мониторинга. Для унификации моделей входных и выходных документов системы мониторинга, а также унификации логической структуры баз данных разработчикам АИС следует придерживаться единых методических положений, а также общих рекомендаций по информационному обеспечению.

Первичная информация поступает в АИПС по так называемым информационным каналам связи. Начальным звеном в информационном канале связи являются приёмные устройства: дат-

чики разной конструкции и функционального назначения. Из приёмного устройства информация фильтруется, т.е. проходит аппаратурную фильтрацию шумов, и затем подвергается первичной обработке с помощью различных стандартных программ на компьютере. После первичной обработки данных проводится интерпретация информации – наиболее сложный процесс в канале связи. После этого информация попадает в банк данных, где накапливается и используется для последующей обработки.

Техническое обеспечение АИС представляет собой комплекс аппаратурных средств для хранения и обработки информации, реализуемых на базе персональных компьютеров, а также оборудование информационных сетей и периферийные устройства (принтеры, плоттеры, графопостроители, сканеры, сетевые адаптеры и модемы и др.).

Математическое обеспечение АИС строится на базе следующих блоков программ: поисковые со статистической обработкой данных, прогнозно-диагностические и оптимизационные.

Поисковые программы представляют собой базы данных, каталоги, редакторы текстов, программы графической обработки информации, программы автоматизированного картографирования, проектирования и др. Этот пакет программ должен уметь выполнять три основные функции: ввод новых данных об объектах наблюдений в системе мониторинга и их хранение, доступ к уже существующим данным (поиск) и первичный анализ данных.

Особо важную группу программных средств для организации мониторинга представляют компьютерные ГИС. С их помощью осуществляется построение всевозможных картографических моделей, составляющих важнейшую часть мониторинга. Информация мониторинга заносится в базы данных, а затем в интерактивном режиме составляются цифровые модели карт и другие графические материалы (разрезы, трёхмерные диаграммы, графики и т.п.). В России применение ГИС осуществляется на основе концепции «Единой информационной системы недропользования», утверждённой Роскомнедра в 1994 г.

С каждым годом появляются все новые ГИС. Одна из таких геоинформационных систем (ILWIS) была разработана Международным институтом по аэрокосмической съёмке и в научных направлениях о Земле (в Нидерландах).

ILWIS (Integrated Land and Water Information System) – информационная система интегрированных параметров Земли и водной среды (рис. 3).

Система ILWIS включает полный пакет программ для обработки различных геоданных.

Существуют программы статистической обработки данных, которые выполняют: спектральный, корреляционный и регрессивный анализы; вычисление различных специальных функций и др. Наиболее полная статистическая обработка данных возможна с помощью программного пакета STATISTICA, а также SPSS и др.

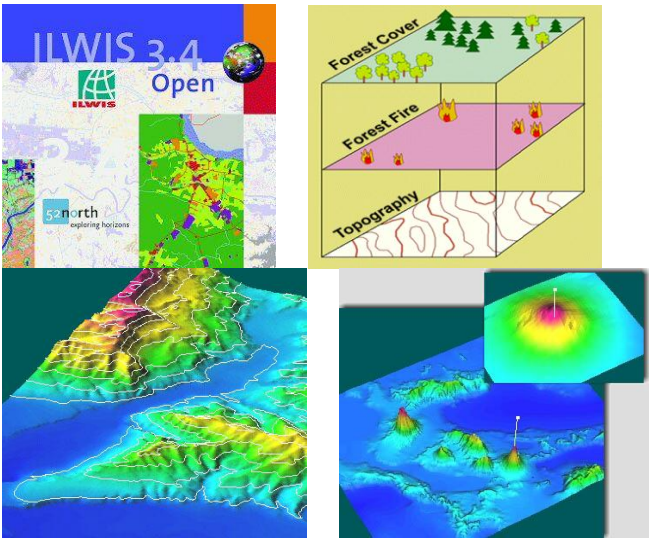


Рис. 3. Система ILWIS

Прогнозно-диагностические программы включают в себя различные модели (математические, имитационные и др.). Могут использоваться программные системы поддержки и коммерческие программы моделирования (Matlab, пакеты программ имитационного и динамического моделирования).

Для организации систем мониторинга локального, регионального, национального уровней необходима коммуникационная система, связывающая все уровни более низкого порядка в единую информационную систему.

Существуют *три основных способа организации локальных вычислительных систем*. Первый способ предусматривает соединение всех компьютеров в одну единую сеть и подключение к главному компьютеру – серверу, который управляет работой всей системы АИС локального уровня (рис. 4).

Второй из способов соединения показан на рисунке 5. При этом все локальные АИС соединяются между собой каналами связи в единую сеть, которая и представляет собой АИС более высокого локального уровня организации мониторинга.

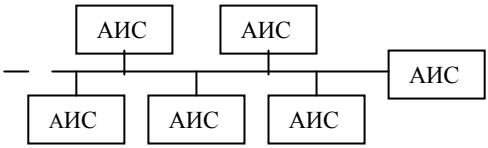


Рис. 4 Локальная сеть мониторинга с общим сервером

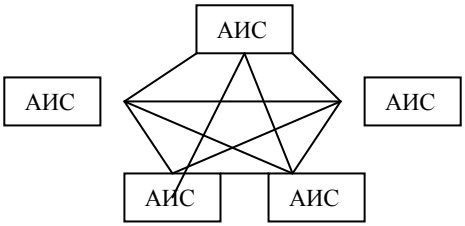


Рис. 5. Локальная АИС, соединённая в единую сеть

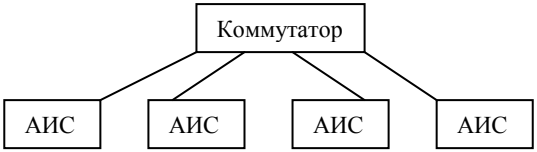


Рис. 6. Соединение АИС мониторинга с помощью коммутатора

Третий способ соединения локальных АИС основан на использовании специального устройства коммутатора, который управляет передачей данных между отдельными компьютерами (рис. 6). Недостатком такой системы является её малая надёжность: при поломке коммутатора система выходит из строя.

Организованные локальные информационные сети АИС могут соединяться в региональную и национальную сети. Их реализация проще всего основывается на использовании модемов. Однако для крупных АИС регионального уровня, для сложной разветвлённой цепи национальной системы мониторинга с большим объёмом пересылаемой информации модемы не годятся. В этом случае могут использоваться *три основных варианта соединения в региональную сеть*:

1) *Коммутация каналов* – связь организуется подобно телефонной, то есть АИС низшего уровня «набирает» телефонный номер принимающего компьютера на региональном уровне, передаёт информацию и заканчивает «разговор». К такому виду связи прибегают, когда не требуется постоянного общения между АИС. Различные компании предлагают много разновидностей линий коммуникации каналов, которые могут быть использованы для организации эколого-геологического мониторинга.

2) *Аренда каналов* – устанавливается аппаратное соединение между отдельными АИС на основе постоянной связи. При этом АИС регионального уровня получает в своё распоряжение связь, которая действует постоянно и при которой задержки на соединение отсутствуют. Именно в таком виде связи возникает необходимость при организации АИС регионального или национального уровня, когда происходит постоянный обмен большими объёмами информации. Однако оба эти варианта связи обеспечивают связь только двух организаций в системе мониторинга.

3) *Сеть с коммутацией каналов* – используется тогда, когда требуется соединить между собой более двух организаций в системе мониторинга с большим объёмом информации и при создании национальной сети. При этом данные проходят через коммутаторы, которые рассматривают адресную информацию и перенаправляют пакет дальше до тех пор, пока он не достигнет своего адреса.

Контактные методы контроля окружающей среды

Для получения объективной информации о состоянии и об уровне загрязнения различных объектов окружающей среды необходимо располагать надёжными средствами и методами экологического контроля. Повышение эффективности контроля за состоянием природной среды может быть достигнуто повышением про-

изводительности, оперативности и регулярности измерений, увеличением масштабности охвата одновременным контролем; автоматизацией и оптимизацией технических средств контроля и самого процесса.

Средства экологического наблюдения и контроля подразделяются на:

- *контактные*;
- *неконтактные* (дистанционные);
- *биологические*.

В свою очередь, контролируемые показатели делятся на:

- *функциональные* (продуктивность, оценка круговорота веществ и др.);
- *структурные* (абсолютные или относительные значения физических, химических или биологических параметров – концентрация загрязняющего вещества, коэффициент суммарного загрязнения и др.).

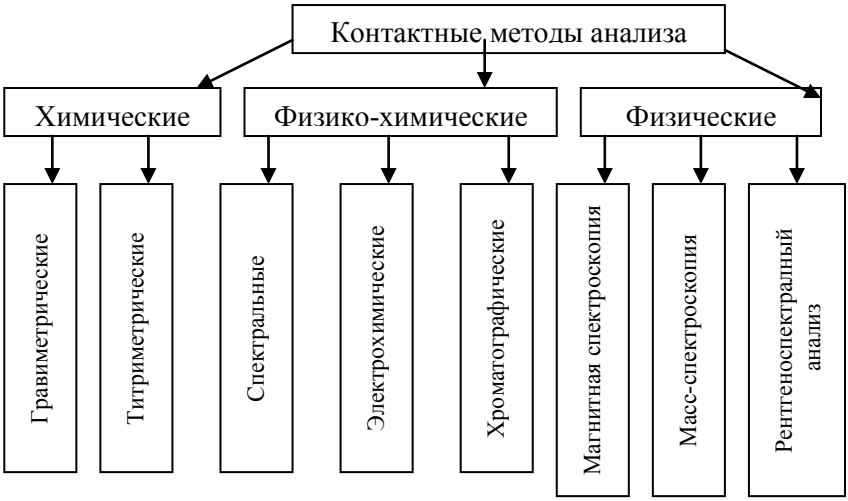


Рис. 7. Структура контактных методов наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды

Контактные методы контроля состояния окружающей среды представлены как классическими методами химического анализа, так и современными методами инструментального анализа. Классификация контактных методов контроля приведена на рисунке 7.

Химические методы

Гравиметрический метод (гравиметрия) – количественное определение вещества, основанное на точном измерении компонента пробы, выделенного либо в элементарном виде, либо в виде соединения определённого и постоянного состава. Применяется при анализе многих загрязняющих веществ, на содержание летучих компонентов в атмосферной среде, определении уровня влаги и др.

Титриметрический (или объёмный) метод – это метод количественного анализа, основанный на измерении количества реагента известной концентрации, расходуемого для реакции с определённым веществом.

Физико-химические методы

К *спектральным методам* обычно относят методы исследования поверхности твердых тел, основанные на анализе энергетических спектров отраженных излучений, возникающих при облучении изучаемого материала электронами, ионами и фотонами. Таких методов в настоящее время известно несколько десятков.

Электрохимические методы анализа – совокупность методов качественного и количественного анализа веществ, основанных на процессах, происходящих на электродах или в межэлектродном пространстве.

Хроматографические методы анализа. Хроматография – процесс, основанный на многократном повторении актов сорбции и десорбции вещества при перемещении его в потоке подвижной фазы вдоль неподвижного сорбента. Разделение сложных смесей хроматографическим способом основано на различной сорбируемости компонентов смеси. В процессе хроматографирования так называемая подвижная фаза (элюент), содержащая анализируемую пробу, перемещается через неподвижную фазу. Обычно неподвижная фаза представляет собой вещество с развитой поверхностью, а подвижная – поток газа или жидкости, фильтрующейся через слой сорбента. При этом происходит многократное повторение актов сорбции – десорбции, что является характерной особенностью хроматографического процесса и обуславливает эффективность хроматографического разделения.

Физические методы

Магнитная спектроскопия – область науки о магнетизме, исследующая зависимость магнитных свойств вещества от частоты переменного магнитного поля.

Масс-спектроскопия – метод исследования вещества путём определения масс атомов и молекул, входящих в его состав, и их количества. Совокупность значений масс и их относительных содержаний называется масс-спектром.

Рентгеноспектральный анализ – инструментальный метод элементного анализа, основанный на изучении спектра рентгеновских лучей, прошедших сквозь образец или испущенных им.

Наиболее часто применяемы спектральные, электрохимические и хроматографические методы анализа объектов окружающей среды.

Атомная спектроскопия – совокупность методов элементного анализа, основанных на изучении спектров испускания свободных атомов и ионов в газовой фазе.

Молекулярная спектроскопия изучает молекулярные спектры поглощения, испускания и отражения электромагнитных волн.

Фотометрия – раздел прикладной физики, занимающийся измерениями света. С точки зрения фотометрии, свет – это излучение, способное вызывать ощущение яркости при воздействии на человеческий глаз.

ЭПР (электронный парамагнитный резонанс) – явление резонансного поглощения электромагнитного излучения парамагнитными частицами, помещенными в постоянное магнитное поле. Является один из методов радиоспектроскопии и основан на взаимодействии вещества с магнитным полем.

ЯМР (ядерно-магнитный резонанс) – резонансное поглощение или излучение электромагнитной энергии веществом, содержащим ядра с ненулевым спином во внешнем магнитном поле.

Физические методы контроля состояния окружающей среды включают в себя следующие *этапы*:

1) отбор пробы;

2) обработка пробы с целью консервации измеряемого параметра и её транспортировка;

3) хранение и подготовка пробы к анализу;

4) измерение контролируемого параметра;

5) обработка и хранение результатов.

Пробоотбор зачастую предопределяет результаты анализа, так как возможно загрязнение пробы в процессе её отбора, особенно когда речь идёт об измерении ничтожно малых количеств загрязняющего вещества. Здесь важен и выбор места и средства отбора, и чистота пробоотборников и тары для хранения пробы.

В изолированной от природной среды пробе, начиная с момента её взятия, осуществляются процессы «релаксации» по параметрам экосистемы, значения которых определяются кинетическими факторами. Одни из параметров меняются быстро, другие сохраняются достаточно долго. Поэтому необходимо иметь представление о кинетике изменения измеряемого параметра в данной пробе. Очевидно, чем меньше время от момента взятия пробы до её консервации (или анализа), тем лучше. И все же лучше в параллельно отобранные пробы добавлять эталон контролируемого загрязняющего вещества и консервировать эти контрольные пробы через разные временные интервалы. При измерении «эталонных» образцов одновременно можно получить и градуировочные графики. Такой метод «внутреннего стандарта» желательно использовать и для оценки других факторов, которые могут влиять на результаты анализа (хранение, транспортировку, методику подготовки пробы к анализу и т.д.).

Подготовка пробы к анализу может включать в себя либо концентрирование измеряемого ингредиента, либо его химическую модификацию с целью проявления аналитически наиболее выгодных свойств. Концентрирование достигается двумя путями: методом сорбции анализируемого компонента (на твёрдом сорбенте или при экстракции растворителем), методами уменьшения объёма пробы, содержащей компонент, например путём вымораживания, соосаждения или выпаривания. Конечно, любая такая процедура может влиять на результат анализа, поэтому «внутренний стандарт» необходим.

Эффективность любого метода наблюдений и контроля за состоянием объектов окружающей среды оценивается следующей совокупностью показателей:

- селективностью и точностью определения;
- воспроизводимостью получаемых результатов;
- чувствительностью определения;
- пределами обнаружения элемента (вещества);
- экспрессностью анализа.

Основным требованием к выбранному методу является его применимость в широком интервале концентраций элементов (веществ), включающих как следовые количества, в незагрязнённых объектах фоновых районов, так и высокие значения концентраций в районах технического воздействия.

Дистанционные методы контроля окружающей среды

Контактные методы наблюдений и контроля за состоянием природной среды дополняются неконтактными (дистанционными), основанными на использовании двух свойств зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных): осуществление взаимодействия с контролируемым объектом и перенос полученной информации к датчику. Зондирующие поля обладают широким набором информативных признаков и разнообразием эффектов взаимодействия с веществом объекта контроля. Принципы функционирования средств неконтактного контроля условно подразделяют на пассивные и активные. В первом случае осуществляется приём зондирующего поля, исходящего от самого объекта контроля, во втором производится приём отражённых, прошедших или переизлученных зондирующих полей, созданных источником.

Дистанционные (неконтактные) методы наблюдения и контроля представлены двумя основными группами методов: *аэрокосмическими* и *геофизическими*. Основными видами аэрокосмических методов исследования являются оптическая фотосъёмка, телевизионная, инфракрасная, радиотепловая, радиолокационная, радарная и многозональная съёмка.

Неконтактный контроль атмосферы осуществляется с помощью радиоакустических и лидарных (лазерных) методов.

Лидар – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах.

Первоначально радиоволны использовались для анализа состояния ионосферы (по отражению и преломлению волн), затем сантиметровые волны применяли на практике для исследования осадков, облаков, турбулентности атмосферы.

Область использования радиоакустических методов ограничена сравнительно локальными объёмами воздушной среды (около

1-2 км в радиусе) и допускает их функционирование в наземных условиях и на борту воздушных судов.

Одной из причин появления отражённого акустического сигнала являются мелкомасштабные температурные неоднородности, что позволяет контролировать температурные изменения, профили скорости ветра, верхнюю границу тумана.

Принцип лидарного (лазерного) зондирования заключается в том, что лазерный луч рассеивается молекулами, частицами, неоднородностями воздуха; поглощается, изменяет свою частоту, форму импульса, в результате чего возникает флюоресценция, которая позволяет качественно или количественно судить о таких параметрах воздушной среды, как давление, плотность, температура, влажность, концентрация газов, аэрозолей, параметры ветра. Преимущество лидарного зондирования заключается в монохроматичности, когерентности и возможности изменять спектр, что позволяет избирательно контролировать отдельные параметры воздушной среды. Главный недостаток – ограниченность потолка зондирования атмосферы с Земли влиянием облаков.

Основными методами неконтактного контроля природных вод являются радиояркостной, радиолокационный, флюоресцентный методы исследований.

Радиояркостной метод использует диапазон зондирующих волн от видимого до метрового спектров для одновременного контроля волнения, температуры окружающей среды. *Радиолокационный* (активный) метод заключается в приёме и обработке (амплитудной, энергетической, частотной, фазовой, поляризационной, пространственно-временной) сигнала, отражённого от взволнованной поверхности.

Для дистанционного контроля параметров нефтяного загрязнения водной среды (площадь покрытия, толщина, примерный химический состав) используется лазерный отражательный, лазерный флюоресцентный методы и фотографирование в поляризованном свете.

Флюоресцентный метод основан на поглощении оптических волн нефтью и различии спектров свечения легких и тяжёлых фракций нефти. Оптимальный выбор длины возбуждающей волны позволяет по амплитуде и форме спектров флюоресценции идентифицировать типы нефтепродуктов.

Геофизические методы исследований применяются для изучения состава, строения и состояния массивов горных пород, в пределах которых могут развиваться те или иные опасные геологические процессы. К ним относятся: магниторазведка, электроразведка, терморазведка, визуальная съёмка (фото- и видеосъёмка), ядерная геофизика, сейсмические и геоакустические и другие методы.

В программу наземных инструментальных геофизических наблюдений в системе мониторинга включаются:

1) районы размещения дорогостоящих, ответственных и особо опасных объектов промышленного и гражданского строительства;

2) промышленные зоны, в которых ведётся добыча полезных ископаемых, откачка (закачка) подземных вод, рассолов (промышленных стоков), места складирования отходов и т.п.;

3) территории, занятые топливно-энергетическими комплексами;

4) территории с мульдами оседания земной поверхности;

5) территории, занятые промышленными предприятиями, на которых выполняются прецизионные (высокоточные) работы в различных сферах производственной деятельности;

6) территории с неблагоприятной и напряжённой экологической обстановкой;

7) территории расположения уникальных архитектурных сооружений и исторических памятников.

Основным видом непосредственного изучения опасных геологических процессов и явлений является комплексная *инженерно-геологическая съёмка* (ИГС). Методика комплексной ИГС к настоящему времени достаточно хорошо отработана. Сейчас практически вся территория Российской Федерации покрыта государственной среднемасштабной съёмкой (1 : 200 000; 1 : 100 000 и в ряде случаев 1 : 50 000). Методы получения инженерно-геологической информации в ходе съёмки хорошо разработаны и включают в себя комплекс подготовительных, полевых, лабораторных исследований. В ходе ИГС полевое изучение базируется на традиционных маршрутах геологических, топографо-геодезических и ландшафтно-индикационных исследованиях; горнопроходческих и буровых разведочных работах, полевом опробовании горных пород, динамическом и статическом зондировании, а также на специальных аэрокосмических, геофизических, математических, геодезических, гидрогеологических наблюдениях.

С 1990-х гг. в России проводились организационные работы в области экологического мониторинга с использованием космических средств, а также формирования инфраструктуры региональных центров сбора и приёма космической информации. В России существует несколько космических систем дистанционного зондирования территории России, применимых для наблюдений за развитием опасных природных процессов и явлений. Основными и наиболее доступными для использования в ЕГСЭМ из них являются системы дистанционного зондирования «Метеор», «Океан», «Ресурс-0», «Ресурс-2» и др.

Изображения со спутников передаются на Землю в реальном масштабе времени в диапазоне 1700 МГц. Возможность свободного приёма спутниковой информации наземными станциями обеспечивается Всемирной метеорологической организацией согласно концепции «Открытого неба». Открытое небо – это трасса полета, которая прокладывается не по разрешенным коридорам, а по кратчайшему пути между двумя пунктами.

На наземных станциях приёма спутниковой информации производится приём, демодуляция, первичная обработка и подготовка спутниковых данных к вводу в персональный компьютер станции.

На территории России в последнее десятилетие активно развивается сеть станций приёма данных от спутников NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration – Национальное управление океанических и атмосферных исследований (американские метеорологические спутники), образующая наземную инфраструктуру регионального экологического мониторинга в следующих городах:

▪ Москве (Институт космических исследований РАН; ВНИИ ГОЧС МЧС – Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий). В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 1992 г. № 968 ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) является головной научной организацией МЧС России по проблемам гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций);

▪ Красноярске (Институт леса СО РАН – институт леса имени В. Н. Сукачёва Сибирского отделения Российской академии наук);

▪ Иркутске (Институт солнечно-земной физики СО РАН – Сибирское отделение Российской академии наук);

▪ Салехарде (Госкомитет по охране окружающей среды Ямало-Ненецкого автономного округа);

▪ во Владивостоке (Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН – Дальне-восточное отделение Российской академии наук).

Спутниковые данные дистанционного зондирования позволяют решать следующие задачи контроля состояния окружающей среды:

1) определение метеорологических характеристик: вертикальные профили температуры, интегральные характеристики влажности, характер облачности;

2) контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов, получение карт крупных стихийных бедствий;

3) определение температуры подстилающей поверхности, оперативный контроль и классификация загрязнений почвы и водной поверхности;

4) обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;

5) контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;

6) обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах;

7) выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов крупных производств и ТЭЦ в мегаполисах;

8) регистрация дымных шлейфов от труб;

9) мониторинг и прогноз сезонных паводков и разливов рек;

10) обнаружение и оценка масштабов зон крупных наводнений;

11) контроль динамики снежных покровов и загрязнений снежного покрова в зонах влияния промышленных предприятий.

Биологические методы контроля окружающей среды

Совершенно очевидно, что оценка экологической обстановки на территории в ходе формирования эффективной системы государственного экологического мониторинга невозможна без использования методов биодиагностики качества окружающей среды.

Биоэкологические методы контроля оценки качества окружающей среды, степень её благоприятности для человечества необходимо, прежде всего, в целях:

1) определения состояния природных ресурсов;

2) разработки стратегии рационального использования региона;

3) определения предельно допустимых нагрузок для любого региона;

4) решения судьбы районов интенсивного промышленного и сельскохозяйственного использования, загрязненных территорий и т.д.;

5) решения вопроса о строительстве, пуске или остановке определённого предприятия;

6) оценки эффективности природоохранных мероприятий, введения очистных сооружений, модернизации производства и т.д.;

7) введения новых химикатов и оборудования;

8) создания рекреационных и заповедных территорий.

Ни один из этих вопросов не может быть объективно решён лишь на уровне рассмотрения формальных показателей, а требует проведения специальной разносторонней оценки качества среды обитания, т.е. необходима *интегральная характеристика* её состояния, биологическая оценка.

Методы оценки экологической обстановки, т.е. прямые (интегральные) можно разделить на две группы:

1) Методы биоиндикации – оценка качества природной среды по состоянию её биоты. Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов в естественной среде обитания с целью определения по их реакциям (изменениям) качества окружающей среды.

Разновидностью данного метода выступает метод *визуальной биоиндикации,* который основан на изучении внешних признаков фито- и биоценозов, которые отражают качественные изменения среды обитания.

В качестве признаков визуальной биоиндикации используется внешний вид растений. Таких признаков, связанных, например, с нарушением питания растений, множество, в частности: замедление роста стеблей, ветвей и корней; пожелтение; бурение; загибание листьев; «краевые ожоги»; образование гнили; одревеснение стеблей и др.

В качестве биоиндикаторов часто выступают лишайники, в водных объектах – сообщества бактерио- , фито- , зоопланктона, зообентоса.

Для целей биоиндикации качества окружающей среды могут применяться популяционные и экосистемные критерии, которые характеризуются показателями: численностью и биомассой отдельных видов; соотношением в сообществах различных видов, их распределение по обилию и т.п.

Для получения более достоверных, долгосрочных прогнозов наряду с видами-индикаторами отслеживаются изменения, происходящие в популяциях устойчивых видов, способных выдерживать значительные возмущающие воздействия (воздействия экологически неблагоприятных факторов) в течение длительного времени.

Под влиянием загрязняющих веществ в организме происходит перестройка структуры и функции клеток. Результаты гистологических исследований таких изменений могут свидетельствовать о качестве окружающей среды. Злокачественный рост клеток, дегенеративные изменения или появление некротических очагов характеризуют высокую степень токсичности среды обитания.

Ещё одним из разновидностей методов биоиндикации выступают *патолого-анатомические и гистологические методы* биоиндикации. Данные методы особое внимание уделяют изучению репродуктивной системы, любые изменения которой непосредственно связаны с жизненно важными параметрами популяции. Репродуктивная система очень чувствительна к стрессовым воздействиям, и любое нарушение можно рассматривать как сигнал о наличии неблагоприятных изменений в окружающей среде.

Одними из современных методов биоиндикации выступают *эмбриональные методы* диагностики, базирующиеся на том обстоятельстве, что наиболее уязвимыми к воздействию внешних возмущений являются ранние стадии развития многоклеточных организмов. На стадиях дробления и формирования зародышевых органов и тканей даже незначительные воздействия, как правило, приводят к видимым уродствам более поздних стадий или даже гибели зародышей. В качестве биоиндикаторов обычно используются быстро развивающиеся и дающие многочисленное потомство организмы (рыбы, моллюски, земноводные, насекомые). Данные организмы могут быть использованы и как тест-объекты для биотестирования окружающей среды.

Более тонкими и точными методами биодиагностики являются иммунологические и генетические методы.

Иммунологические – основаны на измерениях показателей иммунной системы под воздействием внешних возмущающих факторов. В результате любого рода отрицательного воздействия на иммунную систему живых организмов в первую очередь изменяется функциональное состояние иммунокомпетентных клеток – спленоцитов и лимфоцитов. При введении в клетки организма специальных веществ – стандартных мутагенов (липополисахаридов и др.) в зависимости от вида воздействия ингибирование реакции может свидетельствовать о нарушении иммунологического статуса организма.

Генетические методы позволяют анализировать генетические изменения, возникающие вследствие неблагоприятных внешних воздействий. Появление таких изменений характеризует мутагенную активность среды.

В нормальных условиях большая часть генетических аномалий удаляется из популяций посредством иммунной системы организма. Наличие таких аномалий можно использовать в качестве индикатора стресса, ведущего к продукции аномальных клеток и снижению способности иммунной системы организма их уничтожать.

Такое разнообразие методов биоиндикации говорит об их несовершенстве. Действительно, биоиндикация предусматривает контроль уже состоявшегося или происходящего загрязнения компонентов окружающей среды по функциональным характеристикам их обитателей и экологическим характеристикам организмов.

Разработка единой системы показателей токсичного загрязнения окружающей среды на сегодняшний день встречает серьезные трудности. Постепенные изменения видового состава формируются в результате длительного отравления и становятся явными в случае далеко зашедших изменений. Таким образом, видовой состав не даёт оценки на момент исследования. В этом плане методы биоиндикации загрязнения окружающей среды инерционны. В холодное время года системы биологической индикации малоэффективны.

Однако отличительная простота методов оценки экологической обстановки методами биоиндикации, отсутствие потребности

в специальном инструментальном обеспечении являются их бесспорным достоинством.

Умение объединить в комплексную форму биоиндикацию, биотестирование и химико-аналитические методы диагностики экологической обстановки позволяет минимизировать затраты на исследования. Именно комплексное использование методов обеспечивает перспективу биоиндикации.

2) Методы биотестирования. Биотестирование как способ интегральной оценки токсичности загрязнений уже достаточно давно используется в системе мониторинга качества окружающей среды за рубежом и начинает применяться в нашей стране. Аргументами в пользу целесообразности использования подходов биотестирования качества окружающей среды являются их универсальность, экспрессность, простота, доступность и дешевизна. Высокая чувствительность тест-организмов к действию загрязняющих веществ привела ряд специалистов даже к идее о возможности полной замены всех гигиенических нормативов единственным критерием качественной оценки окружающей среды на основе биотестирования. Это определило необходимость изучения эффективности последнего. В частности, для выявления залповых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и, особенно в целях обнаружения резких изменений качества питьевой воды, биотестирование имеет значение как сигнальный показатель экспресс-контроля, позволяющий уже в течение одного часа получить данные интегральной оценки токсичности воды и принять необходимые меры для защиты населения, в то время как органолептические свойства воды могут оставаться без изменения, а на идентификацию веществ, поступивших в воду, химическими методами требуется несколько часов и даже суток.

В настоящее время особое внимание уделяется приёмам токсикологического биотестирования, т.е. использования в контролируемых условиях биологических объектов в качестве средства выявления суммарной токсичности воды.

При оценке биологического действия загрязняющих веществ интактные организмы или их сообщества специально вводятся в испытуемую среду. Таким образом, режим воздействия задаётся заранее. Для исследования общетоксикологических закономерностей применяются разнообразные методы практически из любой сферы биологии и смежных научных областей. Обобщающей ос-

новой таких исследований оказывается воздействие загрязняющих веществ, других факторов среды или их совокупности на систему биологического происхождения. Это может быть биохимическая система – выделенный элемент клеточной структуры организма; различные показатели функции и структуры организма; интегральные характеристики организма; параметры, характеризующие состояние популяций, сообществ, организмов и экосистем.

В зависимости от поставленных задач предъявляются различные требования к методам и всей системе биотестирования (постановка опытов и оценка результатов). В качестве объектов биотестирования применяются разнообразные организмы – бактерии, водоросли, высшие растения, пиявки, моллюски, рыбы и др. Каждый из организмов имеет свои преимущества, но ни один организм не может служить универсальным объектом. Растения могут оказаться наиболее чувствительными к присутствию в среде гербицидов, дафнии (род планктонных ракообразных) – к присутствию инсектицидов и т.д. Кроме того, тест-реакция может выявить токсикант по его функции-мишени, например, пропанид избирательно поражает фотосинтетический аппарат водорослей.

В связи с этим для гарантированного выявления присутствия токсического объекта неизвестного химического состава должен использоваться набор различных групп, представителей водного сообщества. С введением каждого дополнительного объекта эффективность схемы испытаний повышается, однако нет смысла бесконечно расширять ассортимент обязательных объектов для использования в такой оценке.

Оптимальной может быть система, в которую включено 3-5 видов, состояние которых оценивается по параметрам, относящихся к разным уровням интегральности (например, по одному виду водных растений, беспозвоночных и рыб). Для контроля самого тест-объекта необходима периодическая постановка опытов с некоторым стандартным токсикантом в одной и той же концентрации. Этот контроль позволяет оценить изменение реактивности тест-объекта на стандартное токсическое воздействие. В качестве такого токсиканта часто применяется дихромат калия ($K_2Cr_2O_7$).

Важное условие правильного проведений биотестирования – использование генетически однородных лабораторных культур, имеющих относительно равный уровень чувствительности к загрязнителям среды, и содержиеся в специальных, оговорённых

стандартами лабораторных условиях, обеспечивающих необходимую сходимость и воспроизводимость результатов исследований, а также максимальную чувствительность к токсическим веществам.

Длительность биотестирования зависит от задачи, поставленной исследователем. Существуют следующие виды биотестов:

- *острые биотесты* (acute tests), выполняемые на различных тест-объектах по показателям выживаемости, которые длятся от нескольких минут до 24-96 ч;

- *краткосрочные* (short-term tests) хронические тесты, длятся в течение семи суток и заканчиваются, как правило, после получения первого поколения тест-объектов;

- *хронические тесты* (chronic tests) распространяются на общую плодовитость ракообразных, охватывая три поколения.

Генетически однородные культуры тест-объектов (водных беспозвоночных и водорослей) можно получить в специализированных научных учреждениях, аккредитованных в системе сертификации на проведение анализов с использованием необходимого тест-объекта.

В последние годы в России и ряде стран мира внедряются методы биотестирования качества поверхностных вод с использованием инфузорий, дафний и других водных биоценозов. В законодательном порядке установлена необходимость биотестирования водных вытяжек опасных отходов для определения их токсичности.

В «Правилах охраны поверхностных вод» (Госкомприрода СССР, 1991 г.) биотестирование является обязательным методом при анализе качества природных и сточных вод. Любая комбинация традиционных аналитических приборов не в состоянии предусмотреть специфический биологический эффект, выявленный в процессе контроля токсичности в качестве интегрального показателя.

Основные нормативные документы по биотестированию в России:

1. РД 52.18.344-93 Методика выполнения измерений интегрального уровня загрязнения почвы техногенных районов методом биотестирования.

2. ПНД ФТ 14.1:2:3:4.7-02,16.1:3:3:3.4-02 «Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и

водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний».

Контрольные вопросы

1. Раскрыть структуру автоматизированной информационной системы (АИС) мониторинга: основные блоки, информационное обеспечение.
2. Характеристика контактных методов контроля окружающей среды.
3. Характеристика дистанционных методов контроля окружающей среды.
4. Охарактеризовать методы биоиндикации за контролем состояния окружающей среды.
5. Раскрыть сущность методов биотестирования.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3
Контроль загрязняющих веществ в объектах окружающей среды

Цель занятия: изучить систему наземного мониторинга, оценку качества окружающей среды и нормы загрязняющих веществ в окружающей среде.

Задание 1 Система наземного мониторинга окружающей среды.

Задание 2. Оценка качества окружающей среды. Меры по улучшению качества окружающей среды.

Задание 3. Нормирование загрязняющих веществ в окружающей среде.

Система наземного мониторинга окружающей среды

И. П. Герасимов подразделяет систему наземного мониторинга окружающей среды на блоки, имеющие свои задачи и базу обеспечения (табл. 1).

Биологический, или *биоэкологический* (санитарно-гигиенический) блок мониторинга осуществляет постоянное наблюдение за состоянием среды и ее влиянием на здоровье чело-

века. Основной его функцией является получение оперативной информации о состоянии окружающей среды с точки зрения ее влияния на здоровье человека и населения.

Таблица 1

Система наземного мониторинга (по И. П. Герасимову)

Блок мониторинга	Объекты мониторинга	Характеризуемые показатели	Службы и опорные базы
Биологический (санитарно-гигиенический)	- приземный слой воздуха; - поверхностные и грунтовые воды; - промышленные и бытовые стоки и выбросы; - радиоактивные излучения	- содержание токсических веществ; - физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и др.); - степень радиоизлучения;	- гидрометеорологическая; - водохозяйственная служба (гидробиологический контроль); - санитарно-эпидемиологическая служба; - служба защиты растений
Геосистемный (природно-хозяйственный)	- исчезающие виды животных и растений; - природные экосистемы; - агроэкосистемы; - лесные экосистемы	- функциональная структура природных экосистем и ее нарушения; - популяционное состояние растений и животных; - урожайность сельскохозяйственных культур; - продуктивность насаждений	- гидрометеорологические станции, - природные заповедники; - географические стационары; - сельскохозяйственные опытные станции; - природно-мелиоративные стационары
Биосферный (глобальный)	- атмосфера (тропосфера) и озоновый экран; - гидросфера; - растительный и почвенный покров; - животное население	- радиационный баланс, тепловой перегрев, газовый состав и запыление; - загрязнение больших рек и водоемов; - водные бассейны, круговороты на обширных водосборах и континентах; - глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных; - глобальные балансы	- международные биосферные станции

		CO и O_2; - крупномасштабные круговороты веществ	

Значение этого блока мониторинга трудно переоценить. Нередко люди и не представляют, какой опасности они подвергают свое здоровье, проживая в той или иной местности.

Сравнение показателей некоторых болезней на различных территориях дает возможность установить, в какой степени благоприятны или неблагоприятны условия для жизни и деятельности человека. Здоровье человека рассматривается как интегральный показатель состояния среды, а, следовательно, выступает в качестве главного объекта мониторинга. Наблюдению и контролю подлежат характеристики приземных слоев атмосферы, питьевой воды, промышленных и бытовых стоков, пищевых продуктов и других факторов, определяющих здоровье населения. Наблюдения должны проводиться в местах концентрации людей и районах их наиболее интенсивной деятельности (как правило, в пределах локальных ареалов). Они призваны контролировать линии связи человека (особенно трофические) с окружающей его природной средой. В этом биоэкологическому мониторингу большую помощь могут оказать гидрометеорологическая и санитарно-эпидемиологическая службы, служба защиты растений, гидробиологический контроль.

Геосистемный (геоэкологический, хозяйственный) блок мониторинга включает наблюдения за изменением состояния наиболее репрезентативных (показательных) геосистем и экосистем, их преобразования из природных в природно-антропогенные.

Геосистемный мониторинг позволяет выявить генезис и взаимную связь тех явлений в окружающей среде, которые служат индикаторами антропогенного воздействия (в частности, загрязнения), предвидеть трансформации природных комплексов, ухудшающие среду обитания человека. Индикаторами изменений выступают показатели, характеризующие не только отдельные компоненты природы (в границах геосистем), но и комплексы в целом (продуктивность биогеоценозов, баланс вещества и энергии, способность к самоочищению и др.). Объектами наблюдений являются:

1) типичные геосистемы и экосистемы – природные, находящиеся в естественном режиме, природно-антропогенные (прежде всего сельскохозяйственные);

2) антропогенные комплексы (например, городские территории).

В первой группе объектов выявляются трофические связи (биологические круговороты) и их нарушения, во-второй – исследуются возможности использования естественных ресурсов экосистем в интересах человека (особенно для производства биомассы), в третьей группе изучается эффективность методов управления природопользованием с точки зрения сохранения и улучшения окружающей среды для населения.

Наблюдательная сеть геосистемного мониторинга должна включать гидрометеорологические станции, природные заповедники, географические стационары, сельскохозяйственные опытные станции, природно-мелиоративные стационары.

Практика показывает, что прогнозы по созданию оптимальных природно-технических систем, в пределах которых может жить и работать человек без ущерба для своего здоровья, удается получить в результате тщательного изучения механизмов превращения природных геосистем в природно-технические.

Биосферный (глобальный) блок мониторинга охватывает наблюдения за параметрами геосферы в глобальном масштабе. Это наиболее сложная система наблюдений, которая позволяет прогнозировать изменения качества окружающей человека среды в глобальном масштабе. Его задача заключается в наблюдении, контроле и прогнозировании возможных изменений природных компонентов на глобальном уровне.

В качестве объектов мониторинга выступают наиболее крупные составные части биосферы – атмосфера, гидросфера, почвенный покров, биотические компоненты. Важное значение имеют наблюдения за изменением солнечной радиации и состава атмосферы, мировым водным балансом и его нарушениями, антропогенным преобразованием геохимического круговорота, загрязнением почв и биологических систем. Одной из функций глобального слежения является определение фоновых параметров, необходимых для выявления локальных и региональных изменений состояния окружающей природной среды. Получение информации о состояниях природной среды должно опираться на методы ди-

станционного зондирования и наблюдения на станциях и полигонах, расположенных в различных физико-географических условиях поверхности Земли.

Как отмечал И. П. Герасимов, реализация предложенной им схемы мониторинга во многом определяет эффективность использования уже функционирующих служб наблюдения (гидрометеорологической, санитарно-гигиенической и др.). Необходима четкая формулировка их задач и функций, координация работ по сбору и обработке информации. Особое значение приобретает организация новых служб слежения, обеспечивающих функционирование геосистемного и биосферного звеньев мониторинга.

В качестве примера можно привести прогнозы по потеплению климата из-за возникновения «парникового эффекта» и его последствия для природы планеты. Другой пример. Концепция «ядерной зимы» как результата атомной войны – яркое подтверждение необходимости тщательного изучения и учета всех прогнозов по изменению природы Земли при проведении, в частности, международной политики. Людей от всеобщего самоубийства могут остановить знания. Таким образом, рациональное природопользование возможно при наличии и правильном использовании информации, полученной системой экологического мониторинга.

Оценка качества окружающей среды. Меры по улучшению качества окружающей среды

Важным направлением мониторинговых исследований является оценка качества окружающей среды.

Качество окружающей среды – это степень соответствия природных условий физиологическим возможностям человека. Различают окружающую природную среду здоровую, или комфортную, при которой здоровье человека в норме, и нездоровую, при которой нарушается состояние здоровья. Когда при взаимодействии человека со средой наблюдаются необратимые изменения состояния здоровья, то такая среда называется *экстремальной.* Отсюда следует, что для сохранения здоровья населения нашей страны необходимо следить за качеством окружающей среды. Для этого разработаны научные оценки качества окружающей среды, которые называются *стандартами качества окружающей среды.*

Стандарты качества окружающей среды – это совокупность единых требований к состоянию природных и промышленных

объектов. В них предусмотрены меры, позволяющие обеспечить оптимальное состояние окружающей среды, ее качество, которые состоят из технических, экономических, организационных норм, определяющих качественные параметры окружающей среды. Перечень основных нормативно-технических документов, используемых в природоохранной и природовосстановительной деятельности, приведен в Экологическом словаре.

В качестве критериев оценки состояния окружающей среды служат показатели естественного ненарушенного состояния природных комплексов или фоновые параметры среды. Нормативные показатели, характеризующие меру возможного воздействия на природу, устанавливают на основе специальных исследований или в результате экспертных оценок. Исключить попадание вредных веществ в окружающую среду в силу экономических и технологических причин невозможно, поэтому приходится вводить нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ. Все существующие нормы ПДК представляют собой компромисс между допустимым и реально существующим уровнем загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы.

Стандарты качества окружающей среды делятся на две основные группы: *санитарно-гигиенические* и *экологические.*

Санитарно-гигиенические показатели устанавливаются, исходя из требований экологической безопасности населения, но они не учитывают реакции других организмов на загрязнение. Поэтому для оценки состояния природной среды используют также экологические критерии, которые рассматриваются как мера антропогенного воздействия на экосистемы и ландшафты. К ним относятся индикаторы состояния воздуха, вод, почв и биогеоценотического покрова в целом, а также важное место занимают биоиндикаторы. Сочетание разнообразных критериев дает возможность получить комплексную оценку экологической ситуации.

Экологические стандарты устанавливают предельно допустимые нормы антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которых несет опасность здоровью человека, губительно для растительности и животных. Данные нормы устанавливаются в виде *предельно допустимых концентраций* загрязняющих веществ и *предельно допустимых уровней* вредного физического воздействия (ПДУ).

ПДК – это количество вредного вещества в окружающей среде, отнесенное к массе или объему его конкретного компонента, которое при постоянном контакте или при воздействии в отдельный промежуток времени практически не оказывает влияния на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. При определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие данных загрязнителей на природные сообщества в целом. ПДК с каждым годом все больше устанавливаются для веществ в воздухе, воде, почве. Так, в настоящее время разработаны ПДК для 200 загрязняющих веществ воздушной и более 600 водной среды.

ПДУ вредного физического воздействия – законодательно утверждённая верхняя граница величины определённого воздействующего фактора (шум, радиоактивность, напряжённость электромагнитного поля, концентрация веществ и т.д.), которая допускается при той или иной человеческой деятельности, как не приводящая к травмам или другим повреждениям организма.

Для каждого конкретного воздействующего фактора и каждого конкретного рода деятельности человека утверждаются свои предельно допустимые уровни. ПДУ устанавливаются, как правило, для шумового и электромагнитного загрязнения.

Санитарно-гигиенические стандарты качества окружающей среды регламентируют экологически безопасный режим работы производственного, коммунально-бытового и других объектов. К данному виду стандартов качества окружающей среды относятся *предельно допустимый выброс* загрязняющих веществ в окружающую среду (ПДВ) и *предельно допустимый сток* (ПДС) загрязняющих веществ в водоемы конкретными источниками (предприятиями) той или иной территории.

ПДВ – количество загрязняющего вещества, выделяемого объектом в окружающую среду за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям для природной среды на прилегающей территории (акватории) или опасно для здоровья человека. Устанавливается для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы. Величина ПДВ устанавливается в т/год.

ПДС – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в установленном режиме в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм

качества воды в контрольном пункте. Величина ПДС устанавливается в г/м^3. Около 2 млн. т, не считая минеральных удобрений, составляет общее количество веществ, ежегодно попадающих в биосферу. Меньше предельно допустимой может быть концентрация каждого из этих веществ, но совместное их присутствие вызывает такой же эффект, как и при их содержании, превышающем ПДК. Это явление называется *эффектом суммации действия.* Таким эффектом, например, обладают следующие сочетания вредных веществ: ацетон – фенол, сернистый газ – фенол, сернистый газ – сероводород и др. При совместном содержании в воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, необходимо соблюдать следующее условие:

$$\frac{C_1}{ПДК_1}+\frac{C_2}{ПДК_2}+\dots+\frac{C_n}{ПДК_n}\le 1,$$

где C_1, C_2, ...C_n – фактические концентрации вредных веществ в окружающей среде;

$ПДК_1$, $ПДК_2$,...$ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации этих вредных веществ в окружающей среде.

Выбросы становятся опасными для здоровья человека, если при расчете сумма будет больше единицы.

Меры по улучшению качества окружающей среды

Меры по улучшению качества окружающей среды разрабатываются на каждом предприятии, в каждом городе или поселке.

—

Рис. 8. Меры по улучшению качества окружающей среды

Их можно объединить в следующие группы (рис. 8): технологические, архитектурно-планировочные, инженерно-организационные, правовые, экономические мероприятия.

Данные меры по улучшению качества окружающей среды способствуют не только восстановлению экологических показателей, но и поддерживают экологическую систему на должном уровне.

Нормирование загрязняющих веществ в окружающей среде

Определяющее значение для контроля и управления качеством окружающей среды имеют гигиенические нормативы, направленные в первую очередь на профилактику неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на здоровье человека.

Санитарно-гигиенические нормативы – это устанавливаемые в законодательном порядке, обязательные для исполнения всеми ведомствами, органами и организациями допустимые уровни содержания химических и других соединений в объектах окружающей среды.

Схема гигиенического нормирования содержания химических веществ в объектах окружающей среды по В. Ф. Протасову, А. В. Молчанову представлена на рисунке 9.

Норматив качества окружающей среды носит конкретный характер и основан на определенных признаках. К ним относятся:

- объект защиты, например, древесные растения, технологическое оборудование, человек и т. д.;
- среда, в которой нормируется и контролируется содержание вещества (воздух, вода, почва, биосубстраты человека (кровь, моча, волосы и т. д.);
- критерий вредности (появление заболеваний в разных формах у человека, включая потомство; снижение продуктивности, пищевой ценности растений; выход из строя технологического оборудования и т. д.);
- регламентируемая временная характеристика (воздействие в течение всей жизни человека, в течение его рабочего стажа, в короткий промежуток времени, например, в аварийных ситуациях);

- последствия или «цена» норматива, к которым может привести отсутствие или превышение допустимого уровня.

Рис. 9. Схема гигиенического нормирования содержания химических веществ в объектах окружающей среды (по В. Ф. Протасову, А. В. Молчанову).

(ОБУВ – ориентировочный безопасный уровень воздействия)

Санитарно-гигиенические нормативы в течение длительного времени оставались единственными критериями качества окружающей среды. В настоящее время наряду с гигиеническими ПДК нормируются содержание вредных веществ в кормах, химический состав ирригационных вод, устанавливаются ПДК химических соединений в сточных водах, подаваемых на сооружения по биологической очистке, разрабатываются ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Разработаны ПДК химических соединений в воздухе особо охраняемых территорий. Например, для усадьбы-заповедника «Ясная Поляна» предложены ПДК для защиты древесных растений от загрязнения. Однако до настоящего времени гигиенические ПДК являются основным критерием качества окружающей среды и используются для оценки опасности экологической обстановки, расчета предельно допустимых выбросов и сбросов (ПДВ и ПДС), установления связи загрязнения окружающей среды с риском развития нарушения здоровья населения.

Гигиенические нормативы в связи со специфичностью и изменчивостью физико-химических свойств атмосферного воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов растительного и животного происхождения, а также особенностями их воздействия на организм устанавливаются отдельно для каждого объекта или используется принцип разделения объектов санитарной охраны. Воздействие химических соединений может быть не только прямым, но и косвенным, например, вследствие отказа населения от контролируемого водоисточника, ограничения водопользования и т. д.

Следовательно, при нормировании химических соединений в тех или иных объектах должны учитываться различные виды неблагоприятных воздействий: влияние на органолептические показатели (внешний вид, запах, привкус и др.), рефлекторное действие, влияние на общесанитарные показатели (изменение численности сапрофитной микрофлоры, ее состав и др.), возможность миграции из одной среды в другую (переход вещества или его метаболита из почвы в воду, воздух, растения), санитарно-бытовой (изменение прозрачности атмосферы, бытовых условий проживания и т. д.), санитарно-токсикологический.

Установление окончательной величины ПДК проводится на основе принципа лимитирующего показателя вредности, в соответствии с которым величина норматива выбирается на уровне меньшей из значений концентрации, установленных по различным критериям вредности или используется принцип учета «слабого звена».

В реальных же условиях человек подвергается не изолированному воздействию какого-либо вещества, а сложному многофакторному воздействию. Отсюда необходимость учета всего многообразия воздействий отражена в принципе комплексного (единого, интегрального) гигиенического нормирования. Особенности комбинированного действия в настоящее время учитываются при гигиеническом нормировании вредных веществ во всех средах. Например, для атмосферного воздуха населенных мест установлены 56 коэффициентов комбинированного действия (для 36 бинарных смесей, 20 смесей из 3-5 компонентов).

Контрольные вопросы

1. Особенности системы наземного мониторинга окружающей среды.
2. Характеристика биологического, геосистемного и биосферного блоков мониторинга.
3. Проведение оценки качества окружающей среды.
4. Меры по улучшению качества окружающей среды.
5. Нормирование загрязняющих веществ в окружающей среде.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4
Контроль качества атмосферного воздуха

Цель занятия: изучить экологическое нормирование качества атмосферного воздуха и основные модели, используемые для оценки загрязнения атмосферы.

Задание 1 Поведение загрязняющего потока, выбрасываемого в атмосферу.

Задание 2. Экологическое нормирование качества атмосферного воздуха.

Задание 3 Основные модели, используемые для оценки загрязнения атмосферы.

Поведение загрязняющего потока, выбрасываемого в атмосферу

После того, как примеси попадают в воздух, характер их перемещения и дисперсии определяется их собственными физическими свойствами и свойствами атмосферы, в которой они находятся.

Выбросы проникают в атмосферу с определенной скоростью и температурой, которые обычно отличаются от соответствующих характеристик окружающей среды. Движение выбросов имеет вертикальную составляющую, обусловленную начальной вертикальной скоростью потока и разницей температур, до тех пор, пока не исчезнет воздействие этих факторов. Этот вертикальный подъем выбросов называют ***подъемом шлейфа***. Он приводит к изменению эффективной высоты (Н) точки выброса. На путь распространения выброса воздействуют также изменения потоков вблизи таких препятствий, как здания и сооружения.

Поведение загрязняющего потока, выбрасываемого в атмосферную среду характеризуется рядом показателей:

- движение потока под действием ветра в течение процесса выброса и после подъема шлейфа называется *переносом;*

- *турбулентное движение атмосферы* вызывает произвольное движение выброса, приводящее к его распространению в горизонтальном и вертикальном направлениях за счет смешения с воздухом. Этот процесс называется *атмосферной диффузией*;

- комбинация переноса и диффузии называется *атмосферной дисперсией*. Модели, описывающие эти процессы, называют моделями атмосферного переноса-диффузии или *моделями атмосферной дисперсии (атмосферного рассеивания)*.

Выброс на стадии подъема шлейфа, переноса и диффузии может также испытывать воздействие таких процессов, как:

1) химическая трансформация (преобразование, превращение) примесей;

2) радиоактивный распад и накопление дочерних продуктов;

3) влажное осаждение: пар или аэрозоль, попадающие в капли воды или снежинки в облаке и выпадающие в виде осадков;

4) сухое осаждение: седиментация (осаждение) аэрозолей или гравитационное осаждение отложения аэрозолей, а также адсорбция паров и газов на предметах;

5) образование и слипание аэрозолей.

При расчетах атмосферной дисперсии различные источники обычно классифицируют по их пространственной конфигурации и продолжительности выброса. К представляющим интерес пространственным конфигурациям источников относятся *точечные*, *линейные*, *поверхностные* и *объемные*. Линейные и поверхностные источники можно рассматривать как определенный набор эффективных точечных источников.

В зависимости от продолжительности выбросы могут быть непрерывными и залповыми.

Экологическое нормирование качества атмосферного воздуха

С целью ограничения и контролирования антропогенных влияний на окружающую среду внедряют экологическое нормирование.

Экологическое нормирование – комплекс мероприятий для установления допустимых норм, в которых могут находиться параметры состояния окружающей среды. Экологическому нормированию подлежат все вещества и объекты, представляющие прямую или косвенную опасность для здоровья населения и природы.

При прямом действии загрязнителя человек ощущает общее ухудшение состояния, выраженное разными симптомами. При косвенном действии загрязнителей происходит ухудшение окружающей среды – ухудшается климат, повреждаются растения.

Качество атмосферного воздуха – совокупность свойств воздуха, определяющая степень влияния физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на окружающую среду в целом.

Оценивают уровень загрязнения и качество воздуха по значениям ПДК.

Максимально разовая ПДК – основная характеристика опасности вещества, которая устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у людей при кратковременном влиянии атмосферных добавок. Используется для оценки условий труда в помещении.

Среднесуточная ПДК – характеристика опасности вредного вещества, устанавливаемая для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и других влияний вещества на организм. Используется для зон жилой застройки.

На основе ПДК рассчитываются значения ПДВ веществ в атмосферу, ПДЭН – предельно допустимая экологическая нагрузка на окружающую среду.

Предупреждение по загрязнению атмосферного воздуха и снижение в нем уровня вредных веществ основано на проведении следующих мероприятий:

1) улучшение действующих и внедрение новых технологических процессов, которые исключают распространение вредных веществ;

2) улучшение состава топлива и уменьшение поступления вредных веществ в атмосферу с помощью очистных сооружений;

3) предупреждение загрязнения атмосферы с помощью рационального размещения вероятных источников вредных выбросов и засадки зеленых насаждений;

Комплекс использования этих мероприятий способствует улучшению состояния атмосферного воздуха. За качеством воздуха следят Министерство охраны здоровья (МОЗ) и Санитарно-эпидемиологическая служба (СЭС).

Основные модели, используемые для оценки загрязнения атмосферы

Количество и характер моделей определяют, с одной стороны, кругом задач, стоящих перед экологическими службами, а с другой – требованиями к точности моделирования. Разнообразие требований к характеру оценок загрязнения и высокая специфичность распространения выбросов примесей в различных метеоусловиях приводят к необходимости использования следующих моделей:

1. *Штатные модели служб ГО*. Стандартная методика основана на эмпирических моделях и позволяет определить максимально возможную зону поражения при выбросах ядовитых веществ. Модель указывает не реальное положение облака выбросов в тот или иной момент времени, а обозначает границы, в пределах которых концентрация ядовитых веществ может достичь опасных для здоровья человека значений при неблагоприятных метеоусловиях. Модель проста и быстро работает.

2. *Стандартные модели загрязнения атмосферы стационарными источниками*, основанные на модели ОНД-86. Модели могут быть использованы для анализа квазистационарных процессов (процессов, протекающих в ограниченной системе и распространяющихся в ней так быстро, что за время распространения этого процесса в пределах системы её состояние не успевает измениться), когда характерные времена выбросов токсичных веществ превышают характерные времена перемещения воздушных масс в изучаемой области пространства (например, случаи пожаров или утечек на газо-нефтепроводах). Модель эмпирическая и позволяет рассчитать установившееся распределение концентраций токсиканта при заданном ветре и максимально неблагоприятном с точки зрения рассеяния примесей состоянии атмосферы.

3. *Модели МАГАТЭ* (международный стандарт) для расчетов загрязнений атмосферы, создаваемых стационарными источниками примесей. Это наиболее полные из существующих в настоящее время эмпирических моделей. Характер их детализации позволяет учитывать особенности местных метеорологических условий и производить расчеты распределений концентрации примесей в текущих метеоусловиях. Модели требуют значительных работ по привязке к местным условиям.

Время вычислений по моделям 2 и 3 практически одинаково.

4. *Простейшие нестационарные модели для расчета распространения облака загрязняющих веществ*, предназначенные для экспресс-прогноза. Модели строятся на основе методик и моделей МАГАТЭ и позволяют рассчитать траекторию и время движения облака выбросов до потери токсичности или в интересующей области в текущих метеоусловиях. Установившихся стандартов на такие модели нет.

5. *Нестационарные модели загрязнения*, учитывающие неоднородность подстилающей поверхности. Квазитрехмерные модели, основанные на использовании полуэмпирических моделей МАГАТЭ с решением уравнения переноса-диффузии примесей в приземном слое. Для повышения скорости и точности вычислений использованы высокоэффективные численные методы и учтена специфика решаемой задачи. Используются в случаях, когда необходимо учесть неоднородность подстилающей поверхности, а вычислительные ресурсы и/или недостаток информации не позволяют использовать модель №6.

6. *Наиболее полные и совершенные нестационарные модели* распространения загрязняющих веществ в атмосфере, в которые включены расчеты мезометеорологических характеристик атмосферы с учетом орографии (рельефа местности). Модели основаны на решении задач метеорологического прогноза и решении трехмерного уравнения переноса-диффузии примеси. Требуют значительных вычислительных ресурсов и подробного задания больших объемов входной и начальной информации. Использование моделей этого класса оправдано, когда от результатов экспертизы зависят жизнь и судьбы людей, а специфика метеоусловий и орография местности таковы, что перечисленные выше модели неприменимы. Это случаи крупных аварий, имевших тяжелые последствия, или экспертиза проектов с прогнозом возможных событий, чреватых такими последствиями.

7. *Модели, позволяющие прогнозировать загрязнение при штилевых условиях разных типов*. Характеристики распространения и диффузии примесей в штилевых условиях и во время ветра различаются настолько, что для их описания требуются разные модели. Характер распространения загрязнения во время штиля существенно зависит от состояния атмосферы, орографии местности и начальных условий.

8. *Блок моделей, позволяющих учесть процессы химической трансформации примесей*. В случае необходимости его подключают к моделям 4-7. Используется в тех случаях, когда для анализа события существенным является учет химических реакций, протекающих в облаке выбросов, например, в случаях возможности значительного повышения или уменьшения токсичности. Подключение блока может значительно, в несколько раз, замедлить время работы расчетной модели.

9. *Специальные модели* для районирования территорий по вероятности аварий и по степени угрозы промышленным объектам и населению, которые строят на основе среднестатистических моделей с использованием информации о розе ветров данной местности. Существенным моментом при построении моделей этого класса является необходимость учета реакции объекта, подвергающегося воздействию облака выбросов. Характер реакции объекта зависит от его свойств, типа и концентрации токсичного вещества и продолжительности его воздействия. Объектом может быть и человек и промышленное предприятие. Модели для оценки за-

грязнения территории или объектов строятся на основе моделей 1-8. Выбор модели определяется характером необходимой оценки. Например, для оценки влияния на здоровье населения в случае выброса ядовитых газов можно использовать модель 1, в случае безвредных примесей вообще не требуется расчетов, а промежуточные случаи как всегда сложны для моделирования.

10. *Комплекс синоптико-статистических моделей и автоматизированного прогнозирования неблагоприятных метеорологических условий* (НМУ), предназначенный для оценки и прогнозирования уровней загрязнения атмосферного воздуха, а также принятия решения по атмосфероохранной деятельности, как в краткосрочном, так и в долгосрочном аспектах. Для получения методик с высоким качеством прогнозирования необходимы исследования по диагностике погодных процессов синоптического масштаба, приводящих к реализации НМУ, и на основе этих исследований создание классификации синоптических процессов. Разработка расчетных моделей базируется на многомерном статистическом аппарате. Построение прогностических зависимостей основано на теории решения некорректных задач, что позволяет получать устойчивые решения при наличии корреляции параметров, описывающих синоптическую ситуацию. Прогностическая система включает в себя: прием и обработку метеорологической информации из каналов связи, контроль и корректировку данных, архивирование и собственно прогноз.

При анализе различных моделей распространения примесей в атмосфере, пригодных для оценки последствий аварий на объектах атомной энергетики, в обзоре МАГАТЭ представлены три типа моделей: Гауссовские модели рассеивания примесей (математические модели распространения примесей в атмосфере), модели Лагранжева облака и трехмерные модели. Гауссовы модели являются в настоящее время рабочими моделями МАГАТЭ, последние два типа моделей названы как перспективные и уже используются в некоторых странах для повышения обоснованности экспертных заключений.

В этих моделях компоненты скорости ветра, коэффициенты тензора диффузии и плотность источника примеси являются заданными функциями. Для задания коэффициентов тензора диффузии используют различные эмпирические модели атмосферной турбулентности, в которых, прежде всего, необходимо задать рас-

пределение скорости ветра. Основная трудность реализации этих моделей – недостаток информации о пространственном распределении скорости ветра.

Существенным моментом при представлении результатов моделирования является зонирование области загрязнения по степени его опасности для человека. Обычно его производят в долях ПДК. Это оправданно для экологических оценок в случае действия стационарных слаботоксичных источников.

Контрольные вопросы

1. Поведение загрязняющего потока, выбрасываемого в атмосферу.
2. Экологическое нормирование качества атмосферного воздуха.
3. Мероприятия по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха в целях снижения в нём вредных веществ.
4. Охарактеризовать модели, используемые для оценки загрязнения атмосферы.

ЗАНЯТИЕ №5
Мониторинг поверхностных вод

Цель занятия: изучить основные виды источников загрязнений поверхностных вод; задачи мониторинга и посты наблюдений за состоянием поверхностных вод.

Задание 1 Источники загрязнений и основные задачи мониторинга поверхностных вод.

Задание 2 История наблюдений за состоянием вод и пункты наблюдений.

Задание 3 Программы наблюдений и оборудование системы контроля загрязнения водных объектов.

Источники загрязнений и основные задачи мониторинга поверхностных вод

Жизнь на планете невозможна без воды. Вода является самым распространенным веществом в природе. Она входит в состав всех минералов и живых организмов, участвует в различных процессах, играет решающую роль в поддержке жизни человека, ко-

торый не менее чем на 80% состоит из нее. Наличие воды и способ ее использования часто определяют судьбу народов и государств. Несмотря на то, что запасы воды на планете в целом остаются неизменными, в некоторых регионах в результате антропогенной деятельности происходит ухудшение качества питьевой воды. Это приводит к значительным нарушениям естественных процессов и негативно влияет на экосистемы, в том числе и на человека. Рациональное водопользование и охрана природных ресурсов – заповедь выживания человечества. Именно поэтому водные ресурсы требуют тщательной охраны в разных аспектах.

Поверхностные воды – воды суходола, которые находятся на земной поверхности в форме разных водных объектов, как в жидком, так и в твердом состоянии.

Темпы социально-экономического роста сильно зависят от обеспечения страны водными ресурсами, наличия судоходных рек и выходов к морям. Проблемы водопотребления являются актуальными. Проблема заключается не только в уменьшении запасов питьевой воды, но и в ухудшении ее качества.

Качество воды обусловлено как естественными, так и антропогенными факторами. Настораживает то, что большинство рек и озер служат одновременно источником водопотребления и водоотведения. Ухудшение качества воды происходит в результате водопотребления в результате промышленных и коммунальных потребностей, сброса отработанных вод, урбанизации, образования водохранилищ, орошения и осушения земель.

С 1998 г. в России наблюдается тенденция к снижению объемов сброса сточных вод в результате снижения производства и введения платы за специальное использование водных ресурсов. Например, на Украине и в Белоруссии наибольшим донором пресной воды является р. Днепр, основными потребителями которого являются промышленные и сельскохозяйственные предприятия. Снижение объемов сточных вод способствовало незначительному улучшению качества поверхностных вод.

Сброшенная вода – вода, которая отводится от орошаемых сельхозугодий, приусадебных участков и территорий, на которых применяется гидромеханизация.

Сточная вода – вода, которая образуется в процессе хозяйственно-бытовой и производственной деятельности, а также при стоке атмосферных осадков.

Вышеперечисленные источники вызывают химическое, физическое, биологическое и тепловое загрязнение воды.

Под *химическим загрязнением* подразумевают поступление со сточными водами различных элементов и соединений органического и неорганического происхождения. В естественных водоемах они поглощаются фитопланктоном и передаются дальше по трофической цепи с накопительным эффектом. В результате химических реакций в воде может снизиться содержание кислорода и возрасти концентрация токсических веществ. Значительный урон приносит нефть и нефтепродукты, что образуют тонкую пленку на поверхности воды и препятствуют газообмену между водой и воздухом. Основными источниками органических загрязняющих веществ являются предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, нефтезаводы и животноводческие комплексы. Увеличение количества фосфатов способствует росту сине-зеленых водорослей и вызывает цветение воды и гибель гидробионтов в результате уменьшения уровня кислорода.

Физическое загрязнение воды обуславливает изменение физических свойств – прозрачность, содержание суспензий, радиоактивность и температуру. Суспензии (песок, ил, глина) попадают в водоемы в результате естественного смывания дождевыми и талыми водами с прибрежных территорий. Твердые частицы ухудшают прозрачность воды и процессы фотосинтеза водных растений, забивают жабры гидробионтам. Особую опасность для живых организмов представляют радиоактивные отходы, которые попадают в водоемы в результате выбросов АЭС и с частицами золы ТЭС.

Тепловое загрязнение осуществляется при спускании в водоемы теплых вод от энергетических установок. В результате повышения температуры воды происходит нарушение биологического режима гидробионтов. Основными источниками загрязнения являются АЭС и ГРЭС.

Биологическое загрязнение воды происходит при поступлении в водоем сточных вод, которые содержат паразитарные микроорганизмы, не свойственные данной водной экосистеме. Наибольшую опасность представляют неочищенные коммунальные сточные воды таких предприятий как мясокомбинаты и сахарные заводы.

Основные задачи организации системы мониторинга поверхностных вод

Качество и количество общих запасов пресной воды являются важной проблемой для России, поэтому контроль состояния водных объектов входит в систему мониторинга окружающей среды.

Мониторинг поверхностных вод – система последовательных наблюдений, сбора и обработки данных о состоянии водных объектов, а также прогноза их изменений и разработки научно-обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений по улучшению состояния вод.

Основными *задачами мониторинга* поверхностных вод являются наблюдение, оценка и прогноз качества воды. Система мониторинга вод выполняет лишь информационную роль и не охватывает элементы управления, т. к. является составляющей системы мониторинга окружающей среды.

Целью внедрения системы наблюдений за водными объектами является получение информации о естественном качестве воды и оценка изменения качества воды в результате влияния антропогенных факторов.

Служба наблюдения решает следующие задачи:

- наблюдение за уровнем загрязнения по физическим, химическим и биологическим показателям;
- изучение динамики содержания вредных веществ и выявление условий, при которых осуществляется колебание уровня загрязнения;
- изучение закономерностей процессов самоочистки и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях.

История наблюдений за состоянием вод и пункты наблюдений

Первые оценки загрязнения вод были сделаны еще в начале 20 века. Они основывались на исследовании гидробиологических показателей, т. е. определении содержания органических веществ в хозяйственно бытовых сточных водах. Такие исследования носили чисто научный характер. Необходимость проведения систематических наблюдений за состоянием вод возникла лишь в конце 60-х г. прошлого века в связи с бурным развитием промышленности. Тогда и стали создаваться национальные системы мониторин-

га окружающей среды, включая мониторинг поверхностных вод. В 1977 г. началась работа по международной программе UNEP/Water (United National Environmental Protection), что входит в систему глобального мониторинга.

Систему мониторинга пресных вод формируют на 344 станциях: 240 – на реках, 43 – на озерах, 61 – на источниках подземных вод. Наблюдения проводятся как на загрязненных, так и на незагрязненных территориях. Центр управления этой системы находится в Канадском центре континентальных вод (г. Барлингтон).

На основе долгосрочных глобальных исследований были сделаны выводы о загрязнении пресных вод:

1. В слаборазвитых странах загрязнение воды осуществляется в основном бытовыми сточными водами;

2. В развивающихся странах – стоками всех видов;

3. В развитых странах загрязненность воды уменьшается, а ее максимум приходился на 30-60-е г. 20 века.

Страны Африки и бывшего Советского Союза в этой программе не участвуют. В 1972 г. в СССР была создана Общегосударственная служба наблюдений за состоянием окружающей среды, но единого центра управления она не имела.

К ведущим объектам государственного мониторинга относят: Министерство экологии и природных ресурсов, гидрометеослужбы, геологические территориальные организации, МЧС, МОЗ, Министерство аграрной политики, Госкомитет водного хозяйства и Госкомитет строительства и архитектуры.

Пункты наблюдений

Пункт наблюдений представляет собой место на водоеме или водотоке, где проводится комплекс работ для получения данных о количественных и качественных характеристиках воды.

Пункты наблюдений целесообразно размещать ниже населенных пунктов в местах сброса сточных вод отдельных предприятий и животноводческих комплексов, водохранилищ, орошаемых или осушаемых земель, а также конечных створах рек.

Пункты наблюдения делятся на 4 категории. Пункты наблюдений первой категории размещается на водотоках и водохранилищах и представляют собой особую ценность для народнохозяйственного значения. Пункты наблюдения второй категории размещают на водных объектах, которые находятся в районах про-

мышленных городов и сел с централизованным водопотреблением, а также в местах отдыха и сброса коллекторно-дренажных вод с полей. Пункты наблюдения третьей категории размещают на водных объектах с незначительной антропогенной нагрузкой, четвертой категории – на незагрязненных территориях, в т.ч. в заповедниках и заказниках.

Обратная вода – сточная, сброшенная или дренажная вода, которая возвращается с помощью технических и хозяйственных устройств обратно в водоем.

Створ пункта назначения – условный поперечный разрез водоема или водотока, где проводится комплекс работ по получению информации о качестве воды.

Вертикаль створа – условная вертикальная линия от водной поверхности до дна водотока, на которой осуществляются исследования по получению информации о качестве воды. Первая вертикаль размещается на расстоянии не менее 500 м от берега или сброса обратных вод, последняя – за границей зоны загрязнения.

Горизонт створа – зона на вертикали, где выполняется комплекс исследований по получению информации о качестве воды. Количество горизонтов на вертикали зависит от ее глубины. Для глубины 5 м – 1 горизонт, для глубины 5-10 м – два горизонта и для глубины более 10 м – три горизонта: возле поверхности, посередине и возле дна.

Рациональное размещение пунктов наблюдения дает возможность получить достоверную информацию, которая может быть использована как с практической, так и с теоретической целью.

Программы наблюдений и оборудование системы контроля загрязнения водных объектов

Программы наблюдений за гидрологическими показателями

Программа наблюдений – это теоретически и экспериментально обоснованное количество показателей и последовательность исследований, которые дают возможность получить полную и точную информацию о качестве воды в нужное время в нужном месте.

Выбор программы зависит от категории пункта наблюдения. Эти программы делятся на: обязательную, сокращенную-1, сокращенную-2, сокращенную-3 (табл. 2). Наблюдения за химическим составом воды проводят по стандартным и специальным наблюдениям.

На большинстве водоемов отбор проб проводят 7 раз в год: во время прилива – на подъеме, максимуме и спаде; во время летнего отлива – при наименьшем уровне и при дождевом паводке, осенью перед замерзанием и во время зимнего отлива.

Таблица 2

Программы наблюдений

Вид программы	Контролируемые параметры
Обязательная	*Гидрохимические:* органолептические, ОВП Eh (мВ); концентрация ионов: Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Si (мг/л); концентрация нефтепродуктов и ПАВ, пестицидов, и соединений тяжелых металлов
Сокращенная-1	*Гидрологические:* расход воды на водотоках $м^3/с$; уровень воды, м; *Гидрохимические:* электропроводимость, концентрация кислорода, мг/л
Сокращенная-2	*Гидрохимические:* температура; показатель pH; концентрация загрязняющих веществ, мг/л.
Сокращенная-3	*Гидрологические:* скорость течения, м/с; *Гидрохимические:* концентрация взвешенных веществ; БПК и ХПК, мг/л; *Самовосстановления:* концентрация кислорода, мг/л; содержание органических веществ, $мг/дм^3$

Качество воды оценивается путем сравнения гидрохимических показателей отобранных проб с установленными нормами качества воды. Таким образом определяется уровень загрязнения воды, ее качество и способность к водопотреблению.

Оборудование и системы контроля загрязнения водных объектов

Точность, достоверность и обширность оценки загрязнения воды обеспечивается использованием новых приборов наблюдения. Особое предпочтение отдается станциям автоматического контроля.

Единую систему мониторинга формируют 3 уровня: системы автоматического контроля; передвижные и стационарные гидрохимические лаборатории; центр обработки информации от вышеперечисленных систем.

Автоматизированная система контроля качества воды (АСККВ) – это комплекс технических устройств, измеряющих в пространстве и во времени физические, химические и биологические показатели качества воды, передающих информацию на центральный пункт управления и сигнализирующих о нарушении норм водопотребления. Данная система снабжена автоматическими анализаторами и может производить отбор и обработку проб воды без участия человека.

Современные анализаторы основываются на использовании физико-химических методов анализа и способны определять до 30-40 показателей. Самым распространенным является анализатор АМА-201, а самым продвинутым – анализатор АМА-201А, который способен одновременно контролировать 16 параметров.

Такая система состоит из насосно-гидравлической системы (НГС), измерительной части (ИЧ), электронно-преобразующей части (ЭПЧ), аппаратуры передачи данных (АПД) и центральной станции. Периодичность отбора проб такой системой не меньше 30 минут.

Основными достоинством таких систем является их простота использования и обслуживания, а также совместимость с ЭВМ. Главный недостаток – дороговизна.

Передвижные гидрохимические лаборатории (ПГХЛ) обеспечивают оперативный контроль качества воды, там где невозможно использовать АСККВ. Они отбирают пробы непосредственно на водном объекте и доставляют их для детального анализа в стационарные лаборатории.

Стационарные гидрохимические лаборатории (СГХЛ). В них можно проводить химический анализ воды и определять мно-

го компонентов ее состава, получать в отличии от АСККВ и ПГХЛ более детальную информацию о качестве воды.

Центр обработки гидрохимической информации интерпретирует, систематизирует и обобщает информацию, полученную от АСККВ, ПГХЛ и СГХЛ. На основе этой информации специалисты центра обработки составляют оперативные и краткосрочные прогнозы состояния водных объектов.

Контрольные вопросы

1. Источники загрязнения поверхностных вод.
2. Охарактеризовать химический, физический, тепловой и биологический виды загрязнений поверхностных вод.
3. Расшифровать основные задачи организации системы мониторинга поверхностных вод.
4. История наблюдений за состояние вод и пункты наблюдений.
5. Раскрыть программы наблюдений.
6. Охарактеризовать оборудование и системы контроля загрязнения водных объектов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6
Экологический мониторинг лесов

Цель занятия: изучить основные блоки и направления мониторинга лесов, особенности правового режима лесов; понятие лесопользования, его виды.

Задание 1 Понятие мониторинга лесов, цели, основные блоки и направления мониторинга лесов. Особенности правового режима лесов, классификация лесов.

Задание 2 Характеристика технологий мониторинга лесов, достоинства и недостатки.

Задание 3 Лесопользование, его виды. Лесовосстановление и лесоразведение территорий Российской Федерации.

Понятие мониторинга лесов, цели, основные блоки и направления мониторинга лесов. Особенности правового режима лесов, классификация лесов

Леса Российской Федерации являются наиболее крупной и функционально значимой частью природного ландшафта, необходимым фактором экологического равновесия и устойчивого развития страны. Управление лесами и лесным хозяйством весьма специфично. Лес – это, прежде всего, природный объект со свойственными ему механизмами жизнедеятельности, экологическими свойствами, биологическим разнообразием, долговременными циклами роста, развития и многими другими особенностями.

Становятся все более актуальными такие проблемы, как лес во взаимосвязи с климатом, развитием биоэнергетики, защитой земель от деградации, сохранением водных ресурсов, сохранением биоразнообразия. Одновременно растут потребности страны в различных лесных товарах и услугах. Учитывая глобальную роль лесов во всех регионах мира, характерным стало развитие процессов устойчивого лесоуправления, совершенствования правоприменения и усиления государственного регулирования в лесном секторе, направленного, прежде всего, на предотвращение нелегальных лесозаготовок и торговли лесными товарами, незаконного захвата лесных земель, поджогов лесов, браконьерства, коррупции в лесном секторе. Большое значение в этом процессе отводится инициативам общественных организаций, частного сектора и населения, повышению роли местных органов самоуправления, сертификации лесов, межсекторальному и международному сотрудничеству.

Согласно Лесному кодексу РФ ***мониторинг лесов*** представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза состояния и динамики лесного фонда в целях государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда, воспроизводства лесов и повышения их экологических функций. Это систематическое долгосрочное слежение за состоянием лесных насаждений в целях обеспечения рационального лесопользования, контроля, предотвращения и устранения негативных процессов и тенденций.

Работы по обоснованию и созданию мониторинга лесов ведутся в России с начала 1970-х годов. Система мониторинга лесов создавалась с тем расчетом, чтобы информация охватывала все виды воздействия на лес, основными из которых являются: лесные пожары; рубки леса; возобновление леса и лесоразведение; изменение санитарного состояния лесов; техногенные воздействия; ра-

диационное загрязнение лесов; изменение гидрологического режима территорий лесного фонда.

Порядок осуществления мониторинга лесов устанавливается федеральным органом управления лесным хозяйством совместно со специально уполномоченным государственным органом в области охраны окружающей природной среды.

Основные положения лесного мониторинга в России приняты постановлением коллегии Рослесхоза от 19 октября 1993 г.

Система мониторинга преследует различные ***цели***:

1) определение уровней загрязнений в лесных экосистемах, их распределение в пространстве и во времени;

2) определение величин и скоростей распространения потоков загрязняющих веществ, возможных путей их трансформации;

3) решение проблемы сопоставимости результатов анализов, проводимых разными лабораториями;

4) обеспечение заинтересованных пользователей информацией, необходимой для принятия решений по устранению загрязнений на различных административных уровнях.

В основу системы получения информации при ведении мониторинга лесов положена многоступенчатая система сбора данных, которая включает как сплошной просмотр (изучение, анализ) всей территории, так и различные выборочные методы. Выборочная система может быть как одноступенчатая, так и многоступенчатая, предусматривающая сбор информации с привлечением различных уровней наблюдения, различной степени детализации информации – от обобщенной, сильно генерализованной, до детальной.

Объектом мониторинга лесов является государственный лесной фонд.

Выделяются следующие *основные блоки системы мониторинга* лесов:

1) мониторинг лесных пожаров;

2) лесопатологический мониторинг по всей территории России и комплексный мониторинг в районах промышленных воздействий;

3) радиационный мониторинг лесов;

4) мониторинг состояния лесов в рамках международной совместной программы ICP Forest (в 500 километровой зоне вдоль западной границы РФ);

5) обобщающим является блок мониторинга состояния использования земель лесного фонда.

Мониторинг лесов осуществляется по следующим основным ***направлениям***:

- общее состояние лесов, в том числе под воздействием загрязнения атмосферного воздуха (мониторинг состояния лесов);
- состояние лесов под воздействием вредных насекомых и болезней (лесопатологический мониторинг);
- состояние лесов под воздействием мелиоративных работ (эколого-мелиоративный мониторинг мелиорированных лесных земель);
- состояние и динамика лесных экосистем на избыточно увлажненных землях (мониторинг лесных избыточно увлажненных земель).

Особенности правового режима лесов

Лесное законодательство регулирует отношения по использованию и охране лесной и древесно-кустарниковой растительности, как на землях лесного фонда, так и на иных землях. В свою очередь, в состав земель лесного фонда входят два вида земель – лесные и нелесные.

К *лесным землям* относятся земли, покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее восстановления (вырубки, погибший древостои, пустыри, прогалины, площади, занятые питомниками и иные).

К *нелесным землям* относятся земли, предназначенные для нужд лесного хозяйства (земли, занятые просеками, дорогами, сельскохозяйственными угодьями, и другие земли), а также иные земли, расположенные в границах лесного фонда (земли, занятые болотами, каменистыми россыпями, и другие неудобные для использования земли) (ст. 8 ЛК РФ).

При регулировании отношений собственности, пользования, охраны лесов и растительного мира вне лесов законодательство учитывает функции, выполняемые растительным миром в природе и в обществе. В частности, леса и растительный мир вне лесов обладают средообразующими, водоохранными, защитными, санитарно-гигиеническими, оздоровительными и иными полезными природными свойствами. Так, леса создают почву, смягчают климат, предотвращают наводнения, сохраняют влагу, противодей-

ствуя засухам, уменьшают эрозионное воздействие дождей, удерживают почву на склонах и предохраняют реки и морские побережья от заиления. Кроме того, особо следует подчеркнуть экономическое значение леса и иной растительности для удовлетворения потребностей человека.

Особенностью правового режима лесов является разделение леса на *три группы*:

В соответствии со ст. 56 ЛК РФ к ***лесам первой группы*** относятся наиболее экологически и социально ценные леса, основным назначением которых является выполнение водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных, иных функций, а также леса особо охраняемых природных территорий. Леса первой группы разделяются на следующие категории защитности:

▪ запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов;

• запретные полосы лесов, защищающие нерестилища ценных промысловых рыб;

• противоэрозионные леса;

• защитные полосы лесов вдоль железнодорожных магистралей, автомобильных дорог федерального, республиканского и областного значения;

• государственные защитные лесные полосы;

• леса на пустынных, полупустынных, степных, лесостепных и малолесных горных территориях, имеющие важное значение для защиты окружающей природной среды;

• леса зеленых зон поселений и хозяйственных объектов;

• леса первого и второго поясов зон санитарной охраны источников водоснабжения;

• леса первой, второй и третьей зон округов санитарной (горно-санитарной) охраны курортов;

• особо ценные лесные массивы;

• леса, имеющие научное или историческое значение;

• памятники природы;

• орехово-промысловые зоны;

• лесоплодовые насаждения;

• притундровые леса;

• леса государственных природных заповедников;

• леса национальных парков;

• леса природных парков;

• заповедные лесные участки.

К лесам второй группы относятся леса в регионах с высокой плотностью населения и развитой сетью наземных транспортных путей, леса, выполняющие водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные функции, имеющие ограниченное эксплуатационное значение, а также леса в регионах с недостаточными лесными ресурсами, для сохранения которых требуется ограничение режима лесопользования (ст. 57 ЛК РФ).

Наконец, к ***лесам третьей группы*** относятся леса многолесных регионов, имеющие преимущественно эксплуатационное значение (ст. 58 ЛК РФ). Относительно использования данной группы лесов Лесной кодекс РФ устанавливает требование, по которому при заготовке древесины должно обеспечиваться сохранение экологических функций этих лесов. В свою очередь, леса третьей группы разделяются на освоенные и резервные леса по критериям, определяемым федеральным органом управления лесным хозяйством.

Характеристика технологий мониторинга лесов, достоинства и недостатки

Наиболее традиционный метод обнаружения пожаров – это:

1) Визуальное обнаружение пожаров людьми со специализированных конструкций – вышек (рис. 10). Настоящий метод используется более ста лет с небольшими усовершенствованиями, связанными с использованием средств связи (рации, сотовая связь и др.) и оптическими устройствами визуального контроля (бинокли, подзорные трубы и др.).

В идеальном варианте обнаружение пожара происходит следующим образом: на специализированной вышке (предназначенной для продолжительного нахождения на ней человека) на специальной площадке находится человек.

Рис. 10. Наблюдательная вышка

Дополнительно на площадку наносят азимутальный круг для определения направления. При визуальном обнаружении пожара наблюдатель с помощью азимутального круга опреде-

ляет направление на пожар, и сообщает это направление в центр контроля с помощью средств связи. Из центра контроля определяют, с какой ещё вышки может быть обнаружен этот пожар и связываются с другим наблюдателем, который так же обнаруживает пожар и определяет направление на него. После чего в центре контроля, используя известные направления с вышек на пожар, определяют местонахождение предполагаемого пожара и предпринимают меры для его ликвидации.

Преимущества метода: к преимуществам можно отнести сохранившуюся до сегодняшних дней инфраструктуру вышек, которая может быть использована, простоту самого метода и достаточно высокую оперативность (при наличии благоприятных погодных условий).

Недостатки метода:

1) Основными недостатком данного способа обнаружения является необходимость постоянного использования человеческого труда в каждой точке расположения вышки, в течение всего времени пожароопасного сезона (для обеспечения оперативности) и ограничение территории мониторинга количеством установленных вышек. В настоящее время этот метод практически не реализуем из-за отсутствия достаточного количества специалистов на местах. Для примера можно привести Тверскую область, в которой в 80-х годах прошлого века для оперативного обнаружения пожаров работало около 6000 лесничих, сейчас их менее 600 человек. Кроме того, на точность и своевременность обнаружения пожара сильно влияет человеческий фактор (человек может устать, заснуть), контролировать такое большое количество людей на огромной территории практически невозможно. В описанном методе так же невозможно автоматизировать процесс обнаружения и доставки информации.

2) Высокая стоимость вышки, т.к. вышка должна быть специально оборудована для постоянного нахождения на ней человека. Для примера стоимость вышки, предназначенной только для размещения оборудования составляет 11000 руб. за метр высоты, стоимость пожарной вышки составляет более 50000 руб. за метр. По этой причине пожарные вышки не обновлялись уже более 15-20 лет, и большинство из них уже не могут быть использованы из-за аварийного технического состояния.

2) Метод обнаружения пожаров с воздуха с помощью летательных аппаратов.

Пилот на летательном аппарате (легкий самолет, вертолет) с определенной периодичностью облетают пожароопасную территорию, при визуальном обнаружении пожара штурман определяет его координаты и передает в центр контроля информацию об обнаруженном пожаре.

Преимущества: возможность мониторинга любой даже самой удаленной и дикой территории.

Недостатки:

1) Высокая стоимость летного часа, для примера летный час самолета Ан-2 (основной самолет, используемый для обнаружения лесных пожаров) около 27000 руб; данный самолет уже давно снят с производства и для выполнения данных задач все чаще заменяют вертолетом Ми, стоимость летного часа которого составляет более 75000 руб.

2) Необходим специально обученный персонал (штурманы), который непосредственно и определяют маршрут полета, визуально обнаруживают места возгорания и определяют координаты.

3) Невозможно так же вести непрерывный мониторинг большой территории, что может являться причиной позднего обнаружения пожара.

3) Метод использования беспилотных летательных аппаратов (рис. 11). Некоторую популярность сейчас набирают беспилотные летательные аппараты, использование которых может несколько снизить стоимость летного часа, но не избавляет от проблемы несвоевременного обнаружения. Кроме того, если самолеты и вертолеты общего назначения могут использоваться для других целей (с/х, пассажиро- и грузоперевозки), то «беспилотники» не могут быть использованы для чего-либо другого, что перекладывает все расходы (приобретение, обслуживание, ремонт, ГСМ) на службы, занимающееся мониторингом лесных пожаров.

Рис. 11. Беспилотный летательный аппарат

В России вот уже много лет существует государственная структура "Авиалесохрана", в задачи которой входит обнаружение и тушение лесных пожаров, однако даже для них основным способом обнаружения является именно спутниковый мониторинг.

4) Система спутникового мониторинга (рис. 12): работает по следующему принципу - специализированные спутники, находящиеся на негеостационарных орбитах, производят снимки земной поверхности в ИК-диапазоне (с последующей передачей на наземную станцию). На основе разности температуры поверхности земли и температуры пожара возможно определить его местоположение. Картинка передается в специальные центры, откуда заинтересованные пользователи могут получать все данные через сеть Интернет.

Рис. 12. Спутниковый мониторинг

К преимуществам данного способа стоит отнести автоматизацию процесса получения данных, дистанционность способа, возможность мониторировать любые участки местности, легкий доступ к информации через сеть Интернет.

В качестве *недостатков* спутникового мониторинга необходимо отметить:

1) Большую площадь минимально обнаруживаемого очага возгорания, которая колеблется от 1-го до 50 га.

2) Невысокую периодичность получения данных (несколько раз в сутки) и сильное влияние погодных условий. В условиях ветреной погоды задержка (4-6 часов) обнаружения даже небольшого пожара может привести к серьезным последствиям и увеличить стоимость его ликвидации. Но при всех недостатках спутниковый мониторинг необходим в случае больших лесных территорий и отсутствии возможности мониторинга другими способами (стоимость спутникового мониторинга также невысока).

5) Метод систем видеомониторинга («компьютерное зрение»): предназначен для обнаружения лесных пожаров, который впервые появившился в России в начале 2000-х г. Основной особенностью видеосистемы мониторинга является высокая степень автоматизации и возможность использовать дешевые и про-

стые вышки. Существующие системы представляют собой поворотные камеры, устанавливаемые на вышках с выводом видеоизображения на пульт оператору, который должен находиться рядом с постом видеомониторинга. Это сеть дистанционно управляемых видеокамер, соединенных различными каналами связи с сервером.

Преимущества: мобильность, постоянство информации (24 часа в сутки), оперативность.

Недостатки: невозможность предварительной обработки видеоизображения и невозможность точного определения местоположения очага возгорания.

Например, система «Лесной дозор» – это информационная система, в которую легко могут быть интегрированы данные, поступающие из различных источников (систем спутникового мониторинга, от населения и др.) В отличие от космического авиамониторинга, система «Лесной Дозор» позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени 24 часа в сутки 7 дней в неделю. К тому же её эксплуатация существенно дешевле использования авиации и оперативнее спутникового мониторинга. А отличием её от существующих систем видеонаблюдения за лесами является масштабируемость и использование систем «компьютерного зрения».

Лесопользование, его виды. Лесовосстановление и лесоразведение территорий Российской Федерации

Лесохозяйственные мероприятия и лесные пользования должны осуществляться способами, не наносящими вреда окружающей среде, растительному и животному миру, здоровью человека.

Ведение лесного хозяйства должно обеспечивать:

1) сохранение и усиление средообразующих, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных природных свойств лесов в интересах охраны здоровья человека и улучшения состояния окружающей среды;

2) многоцелевое, научно обоснованное, непрерывное, неистощительное и рациональное пользование лесом для удовлетворения потребностей отраслей экономики, юридических и физических лиц в древесине, другой лесной продукции и природных полезных свойствах леса;

3) воспроизводство, улучшение породного состава и качества лесов, повышение их продуктивности, охрану и защиту лесов;

4) рациональное использование земель лесного фонда;

5) повышение эффективности ведения лесного хозяйства на основе единой технической политики, использования достижений науки, техники и передового опыта;

6) сохранение генофонда, биологического и ландшафтного разнообразия лесов;

7) сохранение объектов историко-культурного и природного наследия.

Согласно Лесному Кодексу РФ, ***лесопользованием*** называется использование лесных ресурсов и извлечение полезных свойств леса в конкретных целях, которые включают рациональное, неистощительное и непрерывное использование лесов; обеспечение относительно постоянного лесопользования в пределах лесного фонда для субъектов ведения лесного хозяйства; осуществление экологизированного лесопользования.

В лесном фонде могут осуществляться следующие виды лесопользования:

1) заготовка древесины;

2) заготовка второстепенных лесных ресурсов (пней, корней, бересты, новогодних елок и др.);

3) побочное лесопользование (заготовка древесных соков, заготовка и сбор дикорастущих плодов, ягод, орехов, грибов, других пищевых лесных ресурсов, лекарственного растительного сырья и технического сырья, сбор мха, лесной подстилки и опавших листьев, размещение ульев и пасек, сенокошение, пастьба скота и другие виды побочного лесопользования, перечень которых утверждается специально уполномоченным республиканским органом государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды РФ);

4) пользование участками лесного фонда для нужд охотничьего хозяйства;

5) пользование участками лесного фонда в научно-исследовательских и учебно-опытных целях;

6) пользование участками лесного фонда в культурно-оздоровительных, туристических, иных рекреационных и (или) спортивных целях.

Наиболее существенным воздействием на лесной фонд оказывается лесозаготовительная деятельность, выражающаяся в рубках, т.е. заготовках древесины. Возросла площадь и доля постепенных и выборочных рубок главного пользования, в меньшей степени повреждающих лесные экосистемы. Этим способом проведены рубки на площади 6,4 тыс. га или на 24% общей площади лесосек главного пользования.

Одним из способов восстановления утраченных лесов выступает лесовосстановление и лесоразведение.

Лесовосстановление и лесоразведение

Своевременное и качественное лесовосстановление является одним из основных условий обеспечения принципа постоянства и неистощительности лесопользования, сохранения биоразнообразия лесной флоры и генетического потенциала лесов.

Согласно Лесному кодексу РФ, *воспроизводство лесов* представляет собой комплекс мероприятий по созданию лесных насаждений на не покрытых лесом землях, где лес ранее произрастал (лесовосстановление), улучшению породного состава лесов, повышению их продуктивности и усилению средообразующих, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических, рекреационных и иных функций. В свою очередь *лесоразведение* – это комплекс мероприятий по созданию лесных насаждений на землях, где лес ранее не произрастал.

Лесовосстановление и лесоразведение обеспечивает:

1) обязательное лесовосстановление вырубок, гарей и иных категорий земель лесного фонда в сроки, не превышающие 2-3 года после их образования;

2) соответствие древесных пород условиям местопроизрастания;

3) рациональное использование земель лесного фонда;

4) сохранение биологического разнообразия и генофонда лесов;

5) увеличение площади дубовых, ясеневых и липовых лесов;

6) создание преимущественно смешанных по породному составу лесных насаждений;

7) повышение водоохранных, защитных и оздоровительных свойств лесов, а также их продуктивности и устойчивости;

8) сохранение (увеличение) лесистости лесных территорий и ее административно-территориальных единиц;

9) удовлетворение социально-экономических потребностей общества в разнообразной лесной продукции и полезностях леса.

Контрольные вопросы

1. Понятие мониторинга лесов, цели, основные блоки и направления мониторинга лесов.
2. Особенности правового режима лесов.
3. Классификация лесов.
4. Характеристика технологий мониторинга лесов, достоинства и недостатки.
5. Лесопользование, его виды.
6. Особенности лесовосстановления и лесоразведения территорий Российской Федерации.

Рекомендуемая литература

1. Другов, Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик. / Ю.С. Другов, А.А. Родин / - [Текст]. Издательство: «Бином. Лаборатория знаний», 2009. – 896 с.
2. Есипов, Ю.В. Мониторинг и оценка риска систем «защита – объект – среда». / Ю.В. Есипов, Ф.А. Самсонов, А.И. Черемисин / - [Текст]. Издательство: «ЛКИ», 2008. - 138с.
3. Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие. / И.В. Якунина, Н.С. Попов / - [Текст]. Издательство: Тамбовский государственный технический университет, 2009.
4. Голицын, А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. - [Текст]. Издательство: «Оникс», 2010. – 336 с.
5. Рембовский, А.М. Радиомониторинг – задачи, методы, средства. / А.М. Рембовский, В.А. Козьмин, А.В. Ашихмин / - [Текст]. Издательство: «Оникс», 2010. – 624 с.
6. Экологический мониторинг. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ecomonitoring.report.ru/.
7. Изменения климата России. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://climate.mecom.ru/climate/content.html.
8. Особо охраняемые природные территории. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://oopt.priroda.ru.
9. Бюллетень "Изменения климата". [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://climate.mecom.ru/climate/content.html.
10. Каталог Интернет-сайтов о природных ресурсах и экологии . [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://list.priroda.ru.

Оглавление

Предисловие 3
Занятие №1
Научные основы экологического мониторинга 5
Занятие №2
Методы, средства наблюдения и контроль за состоянием окружающей среды 17
Занятие №3
Контроль загрязняющих веществ в объектах окружающей среды 39
Занятие №4
Контроль качества атмосферного воздуха 50
Занятие №5
Мониторинг поверхностных вод 57
Занятие №6
Экологический мониторинг лесов 65
Рекомендуемая литература 78

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Экология и рациональное природопользование

Методические указания
для проведения практических занятий

для студентов 4 курса очного отделения, обучающихся
по направлению подготовки 06.03.01. «Биология»

Кинель
РИЦ СГСХА
2014

УДК 577.4 : 502.7 (07)
ББК 40.08 : 40.9 Р
П-30

Петряков, В. В.

П-30 Экология и рациональное природопользование : методические указания. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 104 с.

В методических указаниях обобщены научные основы в области природопользования и охраны окружающей среды. Изложены современные представления о методах исследований, основные законы, правила и принципы основ природопользования и охраны природы. Рассмотрены особенности и приёмы государственного управления природопользованием и охраны окружающей среды.

Методические указания предназначены для студентов биологических специальностей, в том числе обучающихся по направлению подготовки 06.03.01. «Биология».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014
© Петряков В.В., 2014

Предисловие

Человек, вооруженный техникой и стремящийся к максимальному потреблению, стал самым опасным живым существом на планете Земля. Он не только уничтожает редкие виды животных и растений, но и изобретает все более разрушительные виды оружия массового поражения, включая ядерное, бактериологическое, химическое, тектоническое, климатическое и др.

Необходимость изменения поведения человечества приводит к появлению нового «экологического» стиля мышления и экологизации всей системы знаний. Экология внедряется не только в естественнонаучные или технические дисциплины, но и в гуманитарные. Экологизация экономики привела к формированию нескольких новых областей исследования, соответствующих различным стадиям процесса природопользования. В этой связи на первое место выступает грамотное, рациональное природопользование и охрана природной окружающей среды.

Основы экологии и рационального природопользования является комплексной, научно-прикладной дисциплиной, занимающейся разработкой принципов и правил рациональной деятельности людей, обеспечивающей потребности общества в материальных и духовных благах при сохранении природно-ресурсного потенциала и экологического равновесия.

Природопользование в широком смысле – это взаимодействие общества и природы, то есть практически любой вид деятельности человека, связанный с использованием природных ресурсов и изменением состояния окружающей природной среды. В узком смысле природопользование – это система специализированных видов деятельности людей, осуществляющих первичное присвоение, использование ресурсов природы, а также охрану окружающей среды. В целом же природопользование напрямую связанная с охраной природы – это воздействие людей на природную среду в процессе их хозяйственного использования; это также научная дисциплина, изучающая присущими ей методами использование человеком природной среды для удовлетворения своих потребностей.

Охрана окружающей среды – одна из самых актуальных и болезненных проблем на сегодняшний день. Из общественной сферы эта проблема уже переросла не то что в государственную, но уже и

в мировую. Загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов и нарушение связей в экосистемах приняли глобальный характер, угрожая нормальной жизнедеятельности человечества.

Целью издания методических указаний является формирование у студентов представлений о взаимоотношениях человеческого общества с окружающей средой; формирование новых ценностных ориентаций по рациональному отношению к природной среде, населению, хозяйству, человеку, направленных на изучение возможностей долговременного, экологически безопасного использования благ природы для развития общества в обстановке мощных и растущих антропогенных нагрузок на природную среду.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций (в соответствии с ФГОС ВПО и требованиями к результатам освоения ООП):

- восприятие информации, постановка цели и выбор путей её достижения;

- демонстрация и применение базовых представлений об основах общей, системной и прикладной экологии, принципах оптимального природопользования и охраны природы.

Практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в экологические процессы и явления. Для рассмотрения одной темы на каждое практическое занятие студентам отводится 2 часа.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1
Основные термины и определения основ природопользования и охраны природы. Методы исследований

***Цель занятия*:** изучить основы дисциплины и основные методы исследований.

Задание 1. Термины и определения основ природопользования и охраны природы.

Задание 2. Исторические формы охраны природы.

Задание 3 Методы исследований основ природопользования.

Термины и определения основ природопользования и охраны природы

Анализ объекта и предмета природопользования показывает, что базисными и ключевыми ее понятиями являются: «окружающая природная среда», «окружающая среда», «биосфера», «ноосфера», «природные ресурсы и природные условия», «природно-ресурсный потенциал», «природопользование», «эколого-экономическая система», «охрана природы», «загрязнение окружающей среды» и др.

Понятие «**природа**» трактуется весьма неоднозначно, в зависимости от того, в каком смысле оно употребляется. Философы понимают под природой весь материально-энергетический и информационный мир Вселенной.

В житейском смысле природой считается всё, что непосредственно не относится к человеку и его деятельности, либо воспринимается как не относящееся.

Природа в природопользовании рассматривается как замкнутая, самодостаточная, саморазвивающаяся система, которая без вмешательства человека поддерживается в равновесном состоянии.

Н. В. Реймерс выделил 3 природы:

• «Первую» или *дикую природу*: участки, не нарушенные деятельностью человека, на которые человек влияет лишь как биологический вид или опосредованно (через глобальные изменения).

• «Вторую» или *квазиприроду*: это преобразованные человеком экосистемы (поля, сады и т.п.), не способные к самоподдержанию в течение длительного времени. Главное свойство – устойчивость при отсутствии антропогенного воздействия, способность к самовосстановлению.

• «Третью» природу или *антиприроду* – искусственно созданные системы окружающей человека среды (города, производственные и транспортные системы и т.д., не способные к самоподдержанию даже в течение короткого времени и существующие за счёт потребления поступающих извне материально-энергетических ресурсов.

Природные ресурсы (ПР) – это тела и силы природы, которые могут быть использованы в качестве предмета потребления или средств производства и их общественные полезности изменяются (прямо или косвенно) под воздействием деятельности человека. Элементы и свойства природы, не требующие для своего вовлечения трудовых затрат, называют *природными условиями* (температура, осадки, климат и др.).

Часто природные ресурсы как фактор производства называют природным капиталом (активом), так как он вовлечен в хозяйственный оборот.

Окружающая среда (ОС) – совокупность природной среды, техногенной и социально-экономической сред непосредственно окружающих человека.

Окружающая природная среда (ОПС) – это среда обитания и производственной деятельности человека, включая элементы искусственно созданной среды.

Под воздействием антропогенных (техногенных) и естественных факторов (вулканы, тайфуны) происходит загрязнение ОПС, то есть нарушается природное равновесие и это сказывается на качестве ОПС. В более узком смысле загрязнение ОПС происходит поступлением в нее любых твердых, жидких, газообразных веществ и энергии (излучения, шумы), оказывая отрицательное воздействие на здоровье человека, флору, фауну, экологическую систему и биосферу в целом.

Охрана природы – система мер, направленных на поддержание взаимодействий между деятельностью человека и средой, обеспечивающих сохранение и восстановление природных ресур-

сов, оказывающих прямое и косвенное влияние результатов деятельности на природу.

Охрана окружающей природной среды – комплекс международных государственных и региональных административно-хозяйственных, политических и общественных мероприятий по обеспечению физических, химических и биологических параметров функционирования природных систем в необходимых с точки зрения здоровья человека пределах.

Природопользование *как объект управления* можно представить в виде системы, занимающей контактный слой во взаимодействии трех разнородных систем: природной, социальной и экономической. *Элементами системы природопользования* являются часть природной системы, подвергающаяся воздействию социальной и экономической систем. Когда мы говорим об элементах природопользования, то окружающая среда определяет уровень антропогенного воздействия на социально-экономическое развитие общества, влияние окружающей среды на здоровье и условия жизни, развитие производства и сферы обслуживания.

Социальная или общественная подсистема характеризуется такими показателями, как численность, размещение населения, естественный прирост, миграция, уровень жизни населения, продолжительность жизни, условия жизни, работы, отдыха и др.

Экономическая подсистема включает все аспекты деятельности общества как производственного характера (добывающая, обрабатывающая промышленность, строительство, транспорт, сельское и водное хозяйство), так и непроизводственного характера (сфера обслуживания, образование, наука, культура и т.д.). Все три подсистемы эколого-экономической системы связаны между собой через круговорот веществ.

Исторические формы охраны природы

Сталкиваясь с неблагоприятными изменениями природной среды, человек, инстинктивно или сознательно, реагировал на эти изменения. Охрана природы, в тех или иных исторических формах, с той или иной степенью успешности, всегда была одной из составных частей деятельности человека.

Народная охрана природы возникает на ранних стадиях развития общества, еще в рамках родоплеменных отношений. Необходимость бережного отношения к среде своего обитания, к упо-

требляемым в пищу животным, рыбам, растениям подталкивала людей к необходимости ограничивать их добычу. Племена, не осознававшие этого, имели меньшие шансы на выживание. Отношение людей к биологическим видам, за счет которых они существовали, переплеталось с формирующимися религиозными верованиями. Народная охрана природы обеспечивалась устными религиозно-ритуальными запретами («табу») и строгими наказаниями за их нарушение. Отголоски народной охраны природы дошли до настоящего времени в виде бережного отношения к отдельным видам животных, деревьям и лесным угодьям, считавшимся священными, в запретах на определенные виды промысла до какой-либо даты. *Частная охрана природы* возникла с появлением частной собственности и имела целью сохранение определенных природных объектов в интересах землевладельцев. Чаще всего владельцы охраняли охотничьи угодья, строевой лес. Отдельные заповедные леса и рощи охранялись монастырями и храмами. Частными были все первые европейские заповедники. В настоящее время эта форма охраны природы довольно широко распространена в Западной Европе.

Государственная охрана природы появилась с образованием государств и ведется от их имени, с использованием законодательства и административного аппарата. Первыми проявлениями государственной охраны природы были многочисленные акты, направленные на охрану промысловых животных, строевого леса, ограничение опасных видов деятельности. В настоящее время государственная охрана окружающей среды трансформировалась в экологическую политику, вырабатываемую и осуществляемую государствами и различными общественными институтами, в качестве составной части политики вообще.

Общественная охрана природы складывается с образованием гражданского общества, способного самоорганизовываться чтобы выражать и отстаивать свои интересы. Общественная охрана природы выражается в деятельности общественных организаций и групп экологической направленности и является важным дополнением государственной охраны природы.

Международная охрана природы тесно связана с общественной. Её роль заключается в объединении усилий разных государств для решения глобальных и региональных экологических проблем. Кроме того, она занимается разработкой, заключением и

реализацией соглашений, направленных на сокращение атмосферных выбросов, охрана озонового слоя, сохранение биологических ресурсов морей и т.д.

Методы исследований основ природопользования

Природопользование с учетом сложности стоящих перед ней задач применяет разнообразные методы анализа:

▪ **системно-структурный метод**, то есть системный анализ – это научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными показателями или элементами исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических методов;

▪ **методы моделирования**. Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний: техническое конструирование, строительство и архитектуру, астрономию, физику, химию, биологию и, наконец, общественные науки. Большие успехи и признание практически во всех отраслях современной науки принес методу моделирования XX в. Однако методология моделирования долгое время развивалась независимо отдельными науками. Отсутствовала единая система понятий, единая терминология. Лишь постепенно стала осознаваться роль моделирования как универсального метода научного познания.

Главная особенность моделирования в том, что это метод опосредованного познания с помощью объектов-заместителей. Модель выступает как своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект. Именно эта особенность *метода моделирования* определяет специфические формы использования абстракций, аналогий, гипотез, других категорий и методов познания.

Необходимость использования метода моделирования определяется тем, что многие объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать или вовсе невозможно, или же это исследование требует много времени и средств.

Процесс моделирования включает три элемента:

1) субъект (исследователь);

2) объект исследования;

3) модель, опосредствующую отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Модель – это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект-оригинал так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале. Под моделированием понимается процесс построения, изучения и применения моделей. Оно тесно связано с такими категориями, как абстракция, аналогия, гипотеза и др. Процесс моделирования обязательно включает и построение абстракций, и умозаключения по аналогии, и конструирование научных гипотез;

▪ **балансовый метод** – метод анализа, суть которого состоит в сравнении противостоящих и уравновешивающих друг друга факторов (например, производство или добыча природных ресурсов и их потребление);

▪ **совокупность приемов оптимизации и предельного анализа**;

▪ **стандартный и нормативный методы** как инструмент анализа, управления в сфере природоохранной деятельности

Стандартизация применительно к охране окружающей среды – это разработка и внедрение в практику научно обоснованных, обязательных для выполнения технических требований и норм (стандартов), регламентирующих человеческую деятельность по отношению к окружающей среде.

Стандарты качества окружающей среды представляют собой установленные компетентными органами государства (Госстандарт, Министерство здравоохранения и другие министерства и ведомства) научно обоснованные предельно допустимые нормативы состояния окружающей среды, превышение которых создает угрозу для человека и окружающей его природной среды.

Требования по охране окружающей среды регламентируются в общетехнических стандартах, в стандартах на группу однородной продукции и на конкретные виды продукции.

К *общетехническим стандартам* относятся в первую очередь стандарты группы «Охрана природы». В них закрепляются требования государства по рациональному использованию природных объектов и обеспечению таких технических параметров деятельности, при которых бы исключалось или сводилось к минимуму негативное воздействие человеческой деятельности на природу.

По мере внедрения в производство научно-технических достижений действующие стандарты пересматриваются и разрабатываются новые на обеспечение экологической безопасности природы, продукции, работ, услуг.

Государственным комитетом по стандартизации РФ совместно с министерствами и ведомствами разработана программа Государственных стандартов, определяющих основные положения по стандартизации в области охраны природы, установления предельно допустимых концентраций и выбросов вредных веществ промышленными предприятиями, правил по охране вод при бурении морских скважин для добычи нефти и газа, показателей качества вод различных видов водопользования, мер по охране недр и рациональному использованию минеральных ресурсов, защите атмосферы от загрязнения, охране флоры и фауны, рациональному использованию восстанавливающих ресурсов, обеспечению экологической безопасности ракетно-космический техники и радиоактивных отходов, разработке технических средств мониторинга и т.д.

В законе РФ «Об охране окружающей природной среды» установлены требования к нормированию качества среды обитания и уровней воздействия на окружающую среду. Нормативы качества окружающей природной среды определяют научно обоснованную меру сочетания жестких экологических требований общества к качеству среды обитания и возможностей природопользователей соблюдать их в хозяйственной деятельности.

В основу нормативов качества положены три показателя:

- **медицинский** (пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе);
- **технологический** (способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и условия его жизнедеятельности);
- **научно-технический** (способность технических средств обеспечить контроль за соблюдением пределов воздействия по всем параметрам).

Нормативы воздействия на окружающую среду устанавливают требования к источнику вредного воздействия, ограничивая его определенной пороговой величиной. К этим нормативам относятся предельно допустимые нормы сбросов и выбросов вредных ве-

ществ химического, физического, биологического, радиационного и другого воздействия.

Эффективность системы нормативов по ограничению вредного воздействия обеспечивается:

- соответствием нормативов современному уровню науки и техники, международным стандартам;

- утверждением этих нормативов специально уполномоченными органами государства;

- обязательностью выполнения данных нормативов для всех хозяйственных субъектов и ответственностью предприятий, организаций и граждан за их неисполнение.

Экологические требования, предъявляемые ко всем хозяйственным структурам, составляют нормативно-методическую природоохранную базу.

В условиях перехода к рыночной экономике экологические требования устанавливаются на трех уровнях:

- к хозяйствующим субъектам;

- к стадиям хозяйственного процесса (планирование, размещение, проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию и эксплуатация объектов);

- к видам хозяйственного воздействия (сельское хозяйство, мелиорация, энергетика, строительство городов и т.д.).

Гарантией соблюдения экологической безопасности намечаемой деятельности выступает норма, согласно которой запрещается финансировать и реализовывать проекты и программы, не получившие положительного заключения Государственной экологической экспертизы.

Природоохранные нормы и нормативы формируются в две стадии: методическая и расчетная. На первой стадии осуществляется подготовка методических указаний и инструкций, а на второй производятся расчеты.

Нормы и нормативы в области охраны окружающей среды включают в себя натуральные и стоимостные нормативы, гарантирующие сохранность природных экосистем.

Система прогрессивных норм и нормативов представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных комплексов натуральных и стоимостных норм и нормативов.

Природоохранные натуральные нормативы – это экономически обоснованные и технически достижимые величины наиболее

эффективного использования природных ресурсов (вода, воздух, земля, почва, минеральные ресурсы и т.д.), рассчитываемые, исходя из возможностей научно-технического прогресса. С помощью натуральных нормативов осуществляются мероприятия по снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду, вводу в действие технологических агрегатов и процессов, отвечающих современным экологическим требованиям, внедрению малоотходных технологий и производств.

Стоимостные нормативы в условиях рыночной экономики призваны осуществлять экономическое стимулирование природоохранной деятельности. В состав этих нормативов входят базовые нормативы платы за выбросы и сбросы вредных веществ, а также за размещение отходов. Данные нормативы являются основой экономического механизма природопользования, действующего в России.

В настоящее время в основном сформирована система природоохранных норм и нормативов, которая позволила создать достаточную основу для стимулирования и активизации деятельности в области охраны окружающей среды. Для определения нормативов в основном применяют расчетно-аналитический метод с учетом пофакторного анализа нормообразующих элементов.

В сущности, без природоохранных норм и нормативов (природоохранного метода) невозможно рациональное (программное) развитие природопользования. Нормативный метод в экологии воплощает важнейшее требование – плановость осуществления мероприятий по охране окружающей среды. Природоохранные нормы и нормативы характеризуют соотношение общества и природы. Эти нормы и нормативы, отражая объективные границы допустимых антропогенных нагрузок на экосистемы и вносимых в них изменений, в значительной мере предопределяют и экономические процессы. Являясь по существу экологическими, природоохранные нормы и нормативы имеют сугубо социальный характер, так как при их нарушении наносится ущерб природе и здоровью населения;

▪ **системный анализ** возник в эпоху разработки компьютерной техники. Успех его применения при решении сложных задач во многом определяется современными возможностями информационных технологий.

Данный научный метод познания представляет собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными показателями или элементами исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических методов.

▪ **картографический метод** – метод исследований, основанный на получении необходимой информации с помощью карт для научного и практического познания, изображенных на них явлений.

Данный метод включает в себя:

1) получение по картам качественных оценок и количественных характеристик явлений и процессов;

2) изучение взаимосвязей и взаимозависимостей в геосистемах;

3) изучение динамики и эволюции этих геосистем во времени и в пространстве;

4) установление тенденций развития и прогнозирование будущих состояний геосистем.

Картографический метод объединяет следующие способы его изучения:

1. *Визуальный анализ*, заключающийся в непосредственном зрительном исследовании по картам пространственного размещения, сочетаний, связей и динамики явлений.

2. *Графические приёмы анализа*, состоящие в построении по картам профилей и разрезов (дающих наглядное представление о вертикальной структуре явлений) блок-диаграмм (совмещающих перспективное изображение местности с её вертикальными разрезами), различного рода графиков и диаграмм (например, гипсографических кривых (гипсографическая кривая – кривая в прямоугольных координатах, показывающая распространённость на Земле различных высот (на суше) и глубин (на море). Эта кривая получается, если по оси ординат отложить высоты (вверх от начала координат) и глубины (вниз от начала координат), а по оси абсцисс – площади, занятые определёнными высотами и глубинами. Графические приёмы анализа показывают, что 80% рельефа Земли приходится на пространство морского дна, невысоких равнин суши и шельфа, а также высоких выровненных поверхностей)) и т.п.

3. *Картометрические работы*, заключающиеся в определении по картам координат, расстояний, длин, высот, площадей, объёмов, углов и др. количественных характеристик объектов, изображенных на карте (с оценкой точности получаемых результатов).

4. *Математико-статистический анализ*, применяемый для:

а) исследования по картам любых однородных явлений (температур воздуха, плотности сельского населения, урожайности и т.п.), их размещения и временных изменений, определяемых многими факторами с неизвестной функциональной зависимостью;

б) выяснения формы и тесноты связей между различными явлениями (посредством вычисления корреляционных зависимостей – коэффициентов корреляции, корреляционных отношений и т.д.).

5. *Математическое моделирование*, имеющее целью создание пространственных математических моделей, т. е. математическое описание явлений (или процессов) по исходным данным, снятым с карты, и последующее исследование моделей для интерпретации и объяснения явлений; в частности, разработана методика составления аппроксимирующих уравнений поверхностей – реальных (например, рельефа земной поверхности) или абстрактных (например, годового слоя осадков).

6. *Переработка (преобразование) карт* для получения производных карт, специально предназначаемых и удобных для конкретного исследования, например, составление по гипсометрической карте. Гипсометрические карты дают геометрически точное изображение рельефа с помощью горизонталей и раскраски (по определенной цветовой шкале) высотных ступеней производной карты крутизны склонов для изучения и прогнозирования процессов эрозии.

Контрольные вопросы

1. Характеристика основных терминов и определений основ природопользования и охраны природы.
2. Охарактеризовать народную и государственную формы охраны природы.
3. Раскрыть общественную и международную формы охраны природы.
4. Характеристика исторических форм охраны природы.

5. Раскрыть разновидности методов анализа, применяемых в основах природопользования и охране природы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2
Виды природопользования

***Цель занятия*:** изучить разновидности видов природопользования и их характеристики.

Задание 1. Рациональное рекреационное природопользование, его функции. Территориально-рекреационный комплекс.

Задание 2 Нерациональное, рациональное, традиционное, рекреационное природопользование.

Задание 3. Регулирование и развитие природопользования.

Рациональное рекреационное природопользование, его функции. Территориально-рекреационный комплекс

Природопользование является основной формой взаимодействия общества и природной среды, реализуемой через систему мероприятий, которые направлены на освоение, использование, преобразование, возобновление и охрану природных ресурсов, и отражающая связи между производством, населением и окружающей средой. В процессе рекреации природа выступает одним из ведущих факторов отдыха и оздоровления, восстановления физических и нервно-психических сил человека.

Природопользование – это основная форма взаимодействия общества и природной среды, реализуемая через систему мероприятий, которые направлены на освоение, использование, преобразование, возобновление и охрану природных ресурсов, и отражающая связи между производством, населением и окружающей средой.

В условиях экстенсивного и интенсивного взаимодействия общества и природы, возрастания потребностей общества в рекреации возникает объективная необходимость в планомерном использовании природных богатств для удовлетворения этих потребностей, т.е. в организации особого вида природопользования – *рекреационного*.

Рекреационное природопользование – организация особого вида природопользования в условиях взаимодействия общества и природы, в условиях возрастания потребностей общества в рекреации и возникновения объективной необходимости в планомерном использовании природных богатств для удовлетворения этих потребностей.

Рекреация (лат. recreatio – восстановление) – комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности здорового, но утомлённого человека.

Окружающая природная среда является определяющим фактором экономического роста. Люди, вступая в определенные производственные отношения, активно приспосабливают окружающую природную среду к своим нуждам. Производя необходимые для жизни продукты и средства, они тем самым производят и свою материальную жизнь. Процесс производства в его общей для всех исторических форм организации общества определяется как целесообразная деятельность людей, направленная на создание потребительных стоимостей. В процессе производства человек своей деятельностью опосредует и контролирует обмен веществ между собой и природой.

Научно-техническая революция расширяет возможности людей изменять окружающую среду. Роль науки и техники в решении проблем взаимодействия общества и природы огромна и неразрывно связана с господствующими социально-экономическими отношениями. Учет мощи производительных сил, уровня развития технологии, объема использованных ресурсов и т.п. только тогда приобретает социально-политический смысл, когда рассматривается через призму классовых целей, интересов и принципов – через призму социально-экономических отношений.

В условиях научно-технической революции наблюдается устойчивая тенденция роста потребностей населения в отдыхе, восстановлении сил и работоспособности, оздоровлении и лечении в естественных условиях, в единении с природой и использовании природных рекреационных ресурсов.

Функции рекреационного природопользования

Рекреационное природопользование имеет три основные функции, потребность в которых у общества возникает при решении народнохозяйственных задач: социальную, экономическую и природоохранную.

Социальная функция рекреационного природопользования – это удовлетворение специфических потребностей населения в отдыхе, оздоровлении, общении с природой, что способствует укреплению физического и нравственного здоровья общества.

Экономическая функция заключается главным образом в воспроизводстве рабочей силы. Благодаря рекреации повышается способность трудящихся к труду, увеличивается продолжительность периода сохранения полноценной работоспособности, увеличивается фонд рабочего времени, что ведет к росту производительности общественного труда. К экономической функции относятся также расширение сферы приложения труда и ускоренное развитие социальной и производственной инфраструктуры на территориях интенсивного рекреационного природопользования.

Природоохранная функция состоит в предотвращении деградации природных рекреационных комплексов под влиянием антропогенной деятельности, в том числе и рекреационной.

Методически рекреационное природопользование следует рассматривать как единство таких процессов, как организация рекреации населения с использованием природных ресурсов и условий, предотвращение изменений состояния окружающей среды под влиянием рекреационной деятельности, удовлетворение потребностей населения в природных рекреационных ресурсах и воспроизводство рабочей силы.

Одним из важнейших вопросов развития рекреации является организация рекреационного природопользования. Актуальность его обусловлена возрастающими объемами рекреационного природопользования при постоянном росте заинтересованности в природопользовании как рекреационных организаций, так и предприятий других отраслей народного хозяйства, особенно в регионах с развитой промышленностью и сельскохозяйственным производством. Современное разделение труда достигло такого уровня, когда рекреационное хозяйство не может развиваться обособленно, без органической взаимосвязи с другими отраслями. Сочетание отраслей производственной и непроизводственной сфер того или иного региона обусловлено определенными природными условия-

ми, наличием природных ресурсов и сложившимися социально-экономическими условиями, которые определяют основные направления его специализации.

Как правило, в территориально-производственном комплексе определяющим первичным его элементом является производственная структура. Непроизводственная сфера обеспечивает условия существования и функционирования производственной и является как бы вторичной. Лишь в тех случаях, когда регион имеет рекреационную специализацию, непроизводственная сфера становится первичным фактором, определяющим условия развития производственной сферы. В таком случае возникает необходимость в создании новых форм кооперирования предприятий и организаций в рамках единого территориального комплекса с целью максимального и эффективного предоставления рекреационных услуг. Одной из них является *территориально-рекреационный комплекс* (ТРК). Он характеризуется единой территорией, обладающей значительным рекреационным потенциалом, совокупностью рекреационных учреждений и предприятий инфраструктуры, имеющих тесные производственные связи, единством организационных форм управления, которые обеспечивают эффективное использование природных рекреационных ресурсов и социально-экономических условий, сложившихся на данной территории.

ТРК имеет сложную внутреннюю структуру и значительные внешние связи. Внутренняя структура комплекса определяется уровнем развития материально-технической базы отраслей рекреационной специализации, производственной и социальной инфраструктур, состоянием окружающей среды, наличием трудовых ресурсов, характером расселения населения в рекреационных районах. Внешние связи комплекса определяются социально-экономическими условиями комплексообразования, такими, как транспортно-географическое положение комплекса, связь с внешними пунктами материально-технического и продовольственного снабжения, положением относительно зон, из которых в пиковые сезоны может быть привлечена дополнительная рабочая сила.

Существует взаимосвязь социально-экономических условий, определяющих внутреннюю структуру комплекса, и его внешних связей. Если рекреационный комплекс обеспечивается трудовыми и материальными ресурсами в основном за счет внутренних источников, то влияние внешних связей ослабевает.

Внутрикомплексные зависимости многогранны, и уровень развития связей характеризует зрелость комплекса. В пределах ТРК возникают связи между отраслями специализации и инфраструктуры, объектами различных видов инфраструктуры, внутрикомплексными ресурсами и всеми элементами комплекса. Взаимосвязи довольно сложны. Так, окружающая среда, инфраструктура, рекреационные и трудовые ресурсы оказывают влияние на размещение рекреационных учреждений, а развитие последних – на формирование инфраструктуры и занятость.

Естественные рекреационные ресурсы – незаменимое условие развития рекреации. Поэтому рациональное их потребление, воспроизводство и охрана являются одной из важнейших задач. Следует подчеркнуть, что рекреационное природопользование вызывает необходимость охраны и восстановления не только природных ресурсов, но и природных условий, составляющих среду обитания людей, которая влияет на воспроизводство главной производительной силы – человека. Выявление внутрикомплексных связей позволяет определить состав, масштабы, направления и способы взаимодействия производств и процессов. Внутрикомплексные связи во многом определяют эффективность того или иного варианта формирования комплекса, эффективность принятой системы природопользования. Для развития рекреационной отрасли в регионе необходимо установить взаимоотношения ее с прочими отраслями народного хозяйства. Для развития рекреационных объектов требуются определенные качественные параметры окружающей среды, которые во многом зависят от характера технологических процессов и специализации соседствующих с ними промышленных и сельскохозяйственных предприятий. В то же время продукция ряда предприятий необходима для функционирования рекреационных учреждений.

В рассматриваемой системе общество воздействует на окружающую природную среду посредством различных видов деятельности: промышленной, сельскохозяйственной, транспортной, селитебной, рекреационной и др. В связи с этим любая территориальная система рекреационного природопользования должна рассматриваться как подсистема определенной региональной социоэкосистемы во всей совокупности прямых и обратных связей. Планирование ее развития призвано обеспечить гармонию во взаимодействии с другими природными и антропогенными компо-

нентами социоэкосистемы, обеспечивающими выполнение целевых функций данного вида природопользования и сохранение динамического равновесия системы «общество – природа». При планировании рекреационного природопользования необходимо учитывать совокупность естественных условий и ресурсов, а также социально-экономические факторы формирования отраслей рекреационной специализации и инфраструктуру.

Проблема рационального рекреационного природопользования заключается в обеспечении всестороннего и эффективного использования, воспроизводства и сохранения естественных условий и ресурсов рекреации с учетом объективно существующих потребностей в них. Для ее решения требуется глубокое и всестороннее обоснование научных и практических мероприятий, обеспечивающих планомерное и целенаправленное управление развитием рекреационного природопользования. Теоретической основой комплексного изучения и решения этой проблемы служит системный подход, позволяющий анализировать и упорядочивать цели функционирования тех или иных систем, устанавливать соответствие между целями, возможными путями решения проблемы и необходимыми для этого ресурсами.

В последнее время в рамках системного подхода сформировался программно-целевой метод исследования сложных социально-экономических и научно-технических проблем. Этот метод положен в основу исследования системы рекреационного природопользования и формирования проектов ее развития.

Нерациональное, рациональное, традиционное, рекреационное природопользование

Природопользование бывает нерациональным, рациональным, традиционным и рекреационным.

Нерациональное природопользование – система деятельности, не обеспечивающая сохранение природно-ресурсного потенциала, при которой в больших количествах и не полностью используются легкодоступные природные ресурсы, что приводит к быстрому истощению ресурсов. В этом случае производится большое количество отходов и сильно загрязняется окружающая среда.

Нерациональное природопользование характерно для хозяйства, развивающегося путем нового строительства, освоения новых земель, использования природных ресурсов, увеличения числа

работающих. Такое хозяйство приносит сначала неплохие результаты при сравнительно низком научно-техническом уровне производства, но быстро приводит к уменьшению природных и трудовых ресурсов.

Ещё один пример: деятельность некоторых объединений Российской Федерации и ведомств, хищнически потребляющих природные ресурсы. Например, вырубка лесов, несанкционированный отлов рыбы, уничтожение представителей флоры и фауны.

Рациональное природопользование

В XX веке человечество в результате научно-технической революции пришло к техническому круговороту веществ. Изучение процессов, протекающих в биосфере, и влияние на них хозяйственной деятельности человека показывает, что только создание экологически безотходных и малоотходных производств может предотвратить оскудение ресурсов и деградацию окружающей среды. Хозяйственная деятельность людей должна строиться по принципу природных экосистем, которые экономно расходуют вещество и энергию и в которых отходы одних организмов служат средой обитания для других, т.е. осуществляется круговорот веществ.

В ноябре 1979 г. в Женеве было созвано совещание по сотрудничеству в области охраны окружающей среды и была принята декларация, которая гласит: «Важнейшими условиями малоотходной и безотходной технологии и использования отходов являются охрана окружающей среды и рациональное использование ресурсов».

Рациональное природопользование – это система природопользования, при которой достаточно полно используются добываемые природные ресурсы, обеспечивается восстановление возобновляемых природных ресурсов, полно и многократно используются отходы производства (т.е. организовано безотходное производство), что позволяет значительно уменьшить загрязнение окружающей среды.

Рациональное природопользование представляет из себя высокоэффективное хозяйствование, не приводящее к резким изменениям природно-ресурсного потенциала, к которым социально не готово человечество, и не ведущее к глубоким переменам в окру-

жающей человека природной среде, наносящим урон его здоровью или угрожающим самой его жизни и здоровью.

Рациональное природопользование характерно для интенсивного хозяйства, которое развивается на основе научно-технического прогресса и хорошей организации труда при высокой производительности труда. Примером рационального природопользования может быть безотходное производство, в котором полностью используются отходы, в результате чего снижается расход сырья и сводится к минимуму загрязнение окружающей среды.

Одним из видов безотходного производства является многократное использование в технологическом процессе воды, взятой из рек, озер, буровых скважин и т.д. Использованная вода очищается и вновь участвует в производственном процессе.

Основные положения рационального природопользования

Совершенствование ресурсных циклов базируется на ряде общих принципов, на основе которых строится природопользование в любой отрасли производства. К ним относится:

1) *Принцип системного подхода*, который предусматривает всестороннюю комплексную оценку воздействия производства на среду и её ответных реакций.

С позиции системного подхода ни один природный ресурс не может использоваться или охраняться независимо друг от друга. Так, например, повышение плодородия почв за счёт орошения с помощью оросительных систем, может привести к истощению водных ресурсов, которое необходимо предвидеть и предупредить.

Сбросы отходов в реку должны оцениваться не только по воздействию их на рыбу, но и на биохимию данного водного объекта и на всю систему водообеспечения района, где протекает эта река, включая тот водоём или водоток, куда эта река впадает.

2) *Принцип оптимизации природопользования*, заключается в принятии наиболее целесообразных решений в использовании природных ресурсов и природных систем на основе одновременного экологического и экономического подхода, прогноза развития различных отраслей и географических регионов. В соответствии с этим принципом целесообразным является перемещение некоторых лесоперерабатывающих предприятий в восточные районы страны, ближе к запасам сырья, что снижает нагрузку на ис-

тощённые запасы древесины в европейской части РФ. Открытые карьерные способы разработки полезных ископаемых имеют ряд преимуществ перед шахтной добычей по степени максимального использования сырья, но приводят к утрате плодородных почв. Оптимальным при этом является сочетание открытых разработок с рекультивацией земель и восстановлением их плодородия.

3) *Принцип опережения темпов заготовки и добычи сырья темпами выхода полезной продукции* основан на снижении количества образующихся отходов в процессе производства, т.е. на более полном использовании одного и того же количества исходного сырья. Он предполагает прирост продукции не за счёт вовлечения в использование новых масс природных ресурсов, а за счёт более полного их использования путём ресурсосбережения и совершенствования технологических процессов.

4) *Принцип гармонизации отношений природы и производства* решается на создании и эксплуатации природно-технических, геотехнических или эколого-экономических систем, представляющих собой совокупность какого-либо производства и взаимодействующих с ним элементов природной среды, и обеспечивающих, с одной стороны, высокие производственные показатели, а с другой – поддержание в зоне своего влияния благоприятной экологической обстановки, максимально возможное сохранение и воспроизводство естественных ресурсов. В таких системах предусматривается прогнозирование нежелательных и опасных ситуаций, а также реализация мер по их предотвращению. Система имеет службу управления, задачей которой является своевременное выявление возможных вредных воздействий и внесение необходимых коррективов в тот или иной компонент системы (производство или окружающую среду). Если обнаружено ухудшение состояния окружающей предприятие природной среды, служба управления принимает решение о необходимости остановить производственный процесс, уменьшив при этом объёмы выбросов и сбросов.

5) *Принцип комплексного использования природных ресурсов и концентрации производства* заключается в том, что на базе имеющихся в данном экономическом районе сырьевых и энергетических ресурсов создаются территориально-производственные комплексы, которые позволяют более полно использовать указанные ресурсы и тем самым снизить вредную нагрузку на окружающую

среду. Такие территориально-производственные комплексы имеют специализацию, сконцентрированы на определённой территории, обладают единой производственной и социальной инфраструктурой (коммуникациями, потоками вещества и энергии, системой здравоохранения, сферой культуры) и совместными усилиями обеспечивают охрану окружающей среды. Примером может служить Канско-Ачинский теплоэнергетический комплекс (КАТЭК), базирующийся на крупных залежах углей. Такие территориально-производственные комплексы создают предпосылки для развития комплексных энерго- и ресурсосберегающих производств, для максимально возможной утилизации отходов и использования вторичных продуктов. Естественно, комплексы также оказывают вредное влияние на окружающую среду, но за счёт комплексного использования её ресурсов на основе концентрации производства, оптимизации природопользования, а также гармонизации взаимодействия техники с окружающей средой это воздействие существенно снижается. При этом увеличиваются вложения в компенсационные мероприятия с целью обеспечения качества окружающей среды и снижения ущерба, наносимого природе.

Таким образом, целью изучения предмета «Основы природопользования и охраны природы» является всестороннее рассмотрение экологических основ рационального природопользования, современного состояния природных ресурсов, окружающей природной среды и их охраны. Целесообразность такого единого экологического подхода несомненна. Она позволяет последовательно рассмотреть важнейшие проблемы, возникающие в биосфере из-за нарушений человеком экологических закономерностей при использовании природных ресурсов. Настоятельная необходимость рассмотрения современного состояния окружающей среды и природных ресурсов и тенденций, сложившихся в сфере природопользования в начале XX века, диктуется той ситуацией, в которой оказалась Россия в период резких экономических и экологических перемен. Социально-экономическая перестройка в России совпала с мощными социальными потрясениями во многих странах, происходящими на фоне нарастающего воздействия человека на природу.

Традиционное природопользование (ТП)

Взаимовлияние человека и природы постоянно, но происходит оно не в рамках природы и одного человека, а в рамках природы и такого коллектива, как *этнос* (или народность), являющегося, по определению Л.Н. Гумилёва «коллективом людей, естественно сложившимся на основе оригинального стереотипного поведения». «Каждый этнос, – отмечает Л.Н. Гумилёв, устанавливает своеобразные отношения с географической средой и ландшафтной сферой своего ареала и, с одной стороны, участвует в прогрессивном общественном развитии человечества, с другой – поддерживает контакт с природой».

Традиционное природопользование – исторически сложившиеся и передаваемые из поколения в поколения способы использования природных ресурсов в процессе общественного производства для целей удовлетворения жизненно важных материальных и духовных потребностей людей (путём адаптации к природной и социально-экологической среде обитания и поддержания компонентов культуры, обеспечивающих такую адаптацию и воспроизводство), проживающих в особых природных и социально-экономических условиях и охраняющих устойчивые виды взаимодействия с окружающей природной средой.

Территории с сохранившейся природой – основной фонд земель для возрождения и развития всех форм традиционного хозяйствования. Эти земли выполняют природоохранные и средообразующие функции, способны сохранять генетический фонд растений и животных региона.

Традиционное природопользование является одним из важнейших элементов традиционного образа жизни коренных малочисленных народов. Исторический опыт Российской Федерации и других стран свидетельствует, что без сохранения традиционного природопользования и создания условий его развития у коренных малочисленных народов нет возможности в дальнейшем сохраниться как самостоятельный этнос.

Современные проблемы, связанные с развитием традиционного природопользования коренных малочисленных народов России, представляют собой сложный комплекс географических, экологических, правовых, этнологических и социально-экономических проблем. Признавая приоритетное право коренных малочисленных народов на традиционное природопользование, государство

закрепляет это право в федеральных законах. К их числу относятся:

1) Земельный кодекс РФ от 25 октября 2001 г. принял ФЗ «О гарантиях прав коренных малочисленных народов РФ».

2) ФЗ от 20 июля 2000 г. «Об общих принципах организации общин коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ».

3) ФЗ от 7 мая 2001 г. «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ».

Основными принципами традиционного природопользования всегда были: высокая степень адаптивности, долговременность, экстенсивность на широких площадях, система рекреации возобновляемых природных ресурсов, рационализм. Именно в связи с этим большую роль для коренных народов в защите их традиционного природопользования и исконной среды играет природоохранное законодательство и природоохранные организации.

Главными принципами являются:

1) выделение территорий традиционного природопользования с учётом природно-ресурсного потенциала жизнеобеспечения населения;

2) учёт природных рубежей и региональных различий по степени изменчивости традиционного природопользования;

3) экологический принцип: согласно международной классификации охраняемых территорий, территории традиционного природопользования могут соответствовать категории «естественные антропологические заповедники» (или «этнические территории») – сохранение естественного природного окружения коренных жителей и создание оптимальных условий для развития культуры и сохранения традиционной формы деятельности и стиля жизни.

Рекреационное природопользование − формы и способы использования природных ресурсов и условий для рекреации. Оно включает как воздействие природы на человека, так и обратное воздействие человека на природу. Устаревшее значение – место для отдыха.

Понятие охватывает все виды отдыха – санаторно-курортное лечение, туризм. В России сформировались крупные районы отдыха и туризма: Кавказские минеральные воды, Черноморское побережье (г. Сочи), Национальные парки Башкортостана (Нугуш).

Рекреационное природопользование направлено на удовлетворение потребностей населения, прежде всего местного, в зонах отдыха, санаторно-курортных объектов, созданных на базе бальнеологических ресурсов, на развитие спортивного и познавательного туризма, альпинизма.

Охрана и рациональное использование рекреационных ресурсов вписывается в общую стратегию рационального природопользования региона в виде *территориальной рекреационной системы* – это сложная управляемая и частично самоуправляемая система, состоящая из взаимосвязанных подсистем, а именно: отдыхающих людей, природных и культурных территориальных комплексов, технических систем, обслуживающего персонала и органов управления.

В условиях экстенсивной и интенсивной форм взаимодействий общества и природы, роста потребностей общества в рекреации возникает объективная необходимость в планомерном использовании природных богатств для удовлетворения потребностей, т.е. в организации особого вида природопользования – рекреационного.

Рекреационное природопользование имеет три основные функции:

1) Социальная функция рекреационного природопользования – это удовлетворение специфических потребностей населения в отдыхе, оздоровлении, общении с природой, что способствует укреплению физического и умственного здоровья общества.

2) Экономическая функция заключается, главным образом, в восстановлении рабочей силы. Благодаря рекреации повышается работоспособность, увеличивается фонд рабочего времени, что способствует росту производительности труда. К экономической функции принадлежат также расширение сферы применения труда и ускоренное развитие социальной и производственной инфраструктуры на территориях интенсивного рекреационного природопользования.

3) Природоохранная функция заключается в предотвращении деградации природных рекреационных комплексов под влиянием антропогенной деятельности, в том числе и рекреационной.

Методически рекреационное природопользование следует рассматривать как единство таких процессов, как организация рекреации населения с использованием природных ресурсов и усло-

вий, предвидения изменений состояния окружающей среды под воздействием рекреационной деятельности, удовлетворения потребностей населения в природных рекреационных ресурсах и восстановление рабочей силы.

Регулирование и развитие природопользования

Регулирование природопользования

Законодательное регулирование на уровне области осуществляет Законодательное Собрание, в составе которого образован и функционирует Комитет по аграрной политике, вопросам природопользования и экологии. Полномочия исполнительной власти осуществляются правительством области через управление природных ресурсов.

На муниципальном уровне управление в области охраны окружающей среды осуществляется органами местного самоуправления.

К основным задачам государственного и муниципального управления в области охраны окружающей среды относятся:

• формирование и совершенствование нормативной правовой базы;

• организация и проведение государственной экологической экспертизы объектов регионального уровня;

• осуществление государственного контроля и надзора в области охраны окружающей среды и природопользования;

• осуществление государственного управления и государственного контроля в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий регионального значения;

• ведение Красной книги;

• разработка и осуществление межмуниципальных и областных программ и проектов в области охраны окружающей природной среды, экологической безопасности, обращения с отходами, охраны атмосферного воздуха;

• обеспечение населения информацией о состоянии окружающей среды на территории области, экологическое воспитание и просвещение.

Развитие природопользования

Установлено, что эффективная стратегия устойчивого развития носит региональный характер, то есть она привязана к географическим, ресурсным, национальным, экономическим, энергетическим особенностям стран и регионов. При этом существуют свои приоритетные цели, например, серьезная проблема для Китая – рост населения – не актуальна для России. Зато для нее ключевой вопрос, как достичь высокого уровня дохода и направить необходимую его часть на решение экологических проблем. С позиции ресурсной достаточности Россия занимает одно из первых мест в мире по природным ресурсам леса (740 млн. га), водному стоку, площади пашен и пастбищ. Россия обладает достаточно высоким уровнем образования и культуры, научным потенциалом по сравнению с некоторыми развитыми странами. Число лиц с высшим и средним образованием достигает 810 (в т. ч. высшим – 120) на 1000 человек взрослого населения. Важнейшей составляющей устойчивого развития становится *устойчивое природопользование.*

Устойчивое природопользование – широкое понятие, базирующееся на трех аспектах устойчивости, включающее фактор времени, направленное на сохранение природного капитала для будущих поколений. К основным условиям устойчивого природопользования можно отнести:

1) эффективное вложение в экономику доходов от использования невозобновимых ресурсов, темпы изъятия которых не должны превышать темпы замены альтернативными видами возобновимых ресурсов;

2) устойчивое неистощенное использование возобновимых ресурсов, темпы изъятия не превышают темпы восстановления;

3) сохранение природного наследия.

Контрольные вопросы

1. Характеристика рационального рекреационного природопользования, его функции.
2. Охарактеризовать структуру территориально-рекреационного комплекса.
3. Охарактеризовать нерациональное, рациональное, традиционное, рекреационное природопользование.
4. Особенности регулирования природопользования.
5. Характер развития природопользования.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3
Исторические формы охраны природы

***Цель занятия*:** изучить основы охраны природы в древности, средневековье и в новое время; основные концепции взаимодействия природы и общества.

Задание 1 Охрана природы в древности, средневековье и в новое время.

Задание 2 История охраны природы в России.

Задание 3 Основные концепции взаимодействия природы и общества.

Охрана природы в древности, средневековье и в новое время

Сталкиваясь с неблагоприятными изменениями природной среды, человек, инстинктивно или сознательно, реагировал на эти изменения. Охрана природы, в тех или иных исторических формах, с той или иной степенью успешности, всегда была одной из составных частей деятельности человека.

Охрана природы в древности и средневековье осуществлялась в значительной мере в форме народной охраны, не оставлявшей письменных свидетельств. Поэтому сведения об охране природы на ранних этапах развития общества обычно производят впечатление фрагментарных. Так, вавилонский царь Хаммурапи (18 в. до н.э.) разделил леса его страны на участки и возложил их охрану на специальных чиновников, издал целый ряд законов о водопользовании. В работах китайского философа (6 в до н.э.) содержатся призывы беречь леса, поскольку их уничтожение чревато катастрофическими проявлениями эрозии. В Древней Греции попытки облесения подверженных эрозии горных склонов предпринимались в 5 в. до н.э. В древнеиндийском документе «Артхашастр» (3 в до н.э.) есть упоминания о заповедных лесах, в которых запрещалась деятельность людей. В Римской империи существовали системы очистки городских сточных вод на полях орошения, действовали гигиенические правила строительства. Имеются исторические свидетельства о противоэрозионной защите земель в Китае более тысячи лет назад.

Средневековье оставило множество письменных свидетельств о природоохранной деятельности, отличавшейся, однако, фрагментарностью, узким прагматизмом и невысокой эффективностью. Указы королей и князей в основном касались охоты: к 10-11 векам относятся запреты охоты на лося в Германии, к 11 веку – запрет охоты на тура (дикого кабана) в Польше, в 12 веке в Польше была запрещена охота и на зубра. Получило распространение создание заповедных угодий для королевской охоты.

К позднему средневековью относятся первые попытки охраны целых природных ландшафтов. Например, во Франции в 14 веке была создана государственная служба охраны вод и лесов, в Дании в 16 веке был выпущен закон об охране растительности на песчаных дюнах, а в Швейцарии объявлен заповедной зоной массив Керпфа в Гларусских Альпах, имеющий статус заповедника и в настоящее время.

Охрана природы в новое время: в целом не отличалась ни активностью, ни эффективностью. Промышленная революция, развитие капиталистических отношений, острое соперничество государств привело к резкому росту нагрузок на природные ресурсы, и способствовали их хищническому использованию. К новому времени относятся вопиющие примеры истребления биологических видов: бизонов в Северной Америке, тарпанов в Европе. Ускоренное сельскохозяйственное освоение новых земель сопровождалось катастрофической эрозией и дефляцией. В то же время распространение идей просвещения и научных знаний способствовало повышению культуры, в том числе санитарной. С выходом городов за крепостные стены уменьшилась скученность населения в них; постепенно сложились писаные и неписаные правила благоустройства, озеленения, организованного удаления отходов и поддержания санитарного состояния. При острой нехватке лесных ресурсов в Европе формировалась традиция рационального, неистощительного ведения лесного хозяйства с разделением лесных массивов на системы делянок и их последовательным использованием (прусская система), а также искусственного лесовозобновления.

При острой нехватке практических природоохранных мероприятий важнейшим событием данного этапа стало накопление научных знаний о природе Земли. На основе приобретённых эмпирических знаний в 19 веке постепенно складывалось понимание

всеобщей взаимосвязанности природных явлений и была выдвинута идея биосферы, а в дальнейшем и ноосферы (Э. Зюсс, В. И. Вернадский). На протяжении 19 века и особенно первой половины 20 века быстро нарастало число работ, в которых описывались многочисленные факты истребления биологических видов, загрязнения природной среды. Тем не менее, загрязнение всех компонентов природной среды было стремительным.

В конце 19 – начале 20 века появился общественный интерес к проблемам охраны природы. В Западной Европе, США развернулось создание заповедников и национальных парков. В 1910 году Всемирный зоологический конгресс выдвинул идею создания международной природоохранной организации, поддержанную на межправительственной конференции по охране природы в Берне в 1913 году.

В последующие десятилетия 20 века, несмотря на быстро нараставшее загрязнение окружающей среды, войны и другие социально-политические катаклизмы оттеснили проблемы охраны природы на периферию общественного внимания. В общественном сознании преобладала идея покорения природы, её «переделки» в интересах человека. Обсуждались такие проекты, как поворот Гольфстрима, строительство плотины через Берингов пролив, поворот р.Конго на север для орошения Сахары и прилегающих территорий и т.п.

История охраны природы в России

Первые письменные свидетельства об охране природы содержатся в своде законов Ярослава Мудрого «Русская правда» (11 в.), где имеются разделы и пункты об охране бобров, медоносных пчёл. К 13-14 векам относится появление первых княжеских охотничьих заповедников, таких, как Семиостровье (Белое море) и Беловежская пуща. В Московской Руси 15-17 веков в оборонительных целях строго охранялись засечные леса вдоль южной границы государства. Царь Алексей Михайлович (1645-1676) издал около 70 указов об охране охотничьих и рыболовных угодий, лесов и сенокосов. Была установлена запретная зона для охоты вокруг Москвы.

Исключительно большой вклад в дело охраны природы в России внёс Петр I. Он не только издавал указы о злободневных проблемах и добивался их выполнения, но и принимал меры для ра-

ционального использования и воспроизводства природных ресурсов, т.е. подходил к природоохранной деятельности значительно шире, чем это было принято в тот период. Уделяя большое внимание строительству флота, Пётр I организовал действенную охрану корабельных рощ, создав систему контроля (в составе Адмиралтейской коллегии была открыта вальдмейстерская канцелярия с вальдмейстерами и лесными надзирателями на местах) и установив строгие наказания за незаконные порубки.

Для экономного использования лесоматериалов была введена пила и созданы «пильные мельницы» (лесопилки на основе водяных колёс), было запрещено изготовление тёса (старинный способ вытёсывания доски из цельного ствола с помощью топора). Чтобы сохранить сплавленные реки полноводными, вдоль них были установлены водоохранные зоны, где запрещалось расчищать лес под пашню (50 вёрст от берегов больших рек и 20 – от малых). Пётр I обращал внимание на лесовосстановление, для чего предписывал губернаторам организовывать лесопосадки в малолесных районах, озеленять населённые пункты. Леса, принадлежавшие заводам, были разделены на несколько десятков лесосек, из которых разрешалось вырубать только одну, причём в дальнейшем её нельзя было распахивать или застраивать.

Пётр I издал первые указы, нацеленные на обеспечение чистоты водоёмов и предварительную экспертизу проектов: сор и балласт судов разрешалось сбрасывать только в местах, «которые укажет капитан над портом».

В последние годы деятельности Петра I и после него в связи с организацией Академии наук началось систематическое изучение природы России. К этому же времени относятся первые в России научные работы, содержащие мысли о необходимости бережного отношения к природным ресурсам (труды И. Т. Посошкова, С. П. Крашенинникова, А. Т. Болотова, М. В. Ломоносова).

После Петра I заметно ослабло внимание к охране природы. Большинство указов второй половины 18 в. касались регламентации охоты и охраны промысловых животных. Например, были расширены запретные для охоты зоны: до 50 вёрст вокруг Москвы и до 100 вёрст вокруг Петербурга. При Екатерине II в рамках расширения прав дворянства были постепенно отменены указы Петра I об охране лесов. Предпринятые при Петре I попытки восстановить систему охраны лесов результатов не дало. Кораблестроение

и другие отрасли промышленности обеспечивали постоянный спрос на древесину и в России, и в Западной Европе, и на протяжении последних десятилетий 18 века и всего 19 века, а также начала 20 века помещики решали свои финансовые проблемы, продавая леса под вырубку. За этот период в обжитых районах России леса были уничтожены на площади 67 млн. га.

В 1888 г. в России было принято «Положение о сбережении лесов», запрещавшее сплошные рубки и установившее категории защитных лесов.

В конце 19 – начале 20 веков в России, как и в других странах, быстро нарастал интерес общественности к природоохранным проблемам. В. В. Докучаев и его ученики исследовали проблемы степного земледелия и разработали комплекс мер противоэрозионной защиты почв.

Охрана природы в советский период. Впервые послереволюционные годы в течение короткого срока претворены в жизнь многие решения, подготовленные в предреволюционный период. Национализация лесов положила конец многовековому процессу их сведения. В законе о лесах 1918 г. были установлены категории водоохранных, почвозащитных, гигиенических лесов. Тем не менее, во время революции, Гражданской войны и в начале 1920 годов при острой нехватке топлива значительный и почти не поддающийся оценке ущерб лесам, особенно вблизи городов и железнодорожных дорог, нанесли бессистемные массовые рубки в целях заготовки дров.

Меры упорядочения охоты и рыбного промысла, искусственного воспроизводства и расселения наиболее ценных видов помогли спасти от исчезновения зубров, бобров, пятнистых оленей и животных других видов. Создавалась сеть заповедников (Астраханский, Ильменский, Крымский, Кавказский, Воронежский), на высочайшем научном уровне велось систематическое изучение их природы. В 1924 г. было учреждено Всероссийское общество охраны природы. Высокий уровень научной и практической работы по охране природы в советских заповедниках в 1920-1930-х годах получил мировое признание и был принят за основу при выработке международных программ создания сети биосферных заповедников.

С начала 1930-х годов был официально отменён принцип непрерывного неистощительного пользования лесом (рубок в объёме

годового прироста). Началось создание леспромхозов вдоль железных дорог и сплавных рек, в расчёте на 20-40 лет эксплуатации, с «временным» отношением к воспроизводству лесных ресурсов и обустройству посёлков, дорог.

Отпуск леса с 1930-х годов был бесплатным, однако плату восстановили в 1949 г. Принцип непрерывного неистощительного пользования лесом как основа планирования лесного хозяйства был восстановлен только в 1977 г., когда долговременные сдвиги в породном составе лесов, подорвавшие сырьевую базу лесной отрасли почти на всей экономически освоенной территории страны, стали очевидны.

Во второй половине 1950-х – начале 1960-х годов общественный подъём способствовал отмене или сокращению масштабов наиболее одиозных планов дальнейшего преобразования природы: строительства Нижнее-Обской ГЭС, целлюлозного завода на озере Байкал. В 1960-1970-е годы были приняты законы об охране атмосферного воздуха, основы законодательства о недрах, водах, лесах. Хотя эти законы не соответствовали мировой практике и предусматривали лишь учёт и административное регулирование техногенных нагрузок на среду, они положили начало сдерживанию и ограничению масштабов загрязнения. Они послужили юридической базой для разработки системы экологических нормативов (ПДК, ПДВ, ПДС) и стандартов. В те же годы началось создание государственной системы контроля загрязнений.

Основные концепции взаимодействия природы и общества

Существует несколько основных *концепций взаимодействия общества и природы*:

- *натуралистическая концепция*, когда природа рассматривается в качестве божества, некоего идеала, возвышающегося над обществом. Эта концепция проявляется в принципе невмешательства в природу под девизом «Назад к природе!»;

- *потребительская концепция*, главной идеей которой является приоритет, превосходство человека и общества над природой под девизом «На наш век хватит!»;

- *концепция алармизма* (от англ. *alarm* – тревога), когда все рассматривается или в черных тонах, или в розовых – крайние проявления двух названных выше концепций.

Натуралистические концепции. Проблема определения сущности взаимосвязи человека и среды, общества и природы всегда, во все века привлекала внимание. В древние века преобладали натуралистические концепции, рассматривавшие природу в качестве божества, мудрого творца, идеала, возвышающегося над обществом. Попытки сохранить в силе натуралистические концепции оценки системы «природа – общество» появляются и в концепциях невмешательства в природу. Представители этих концепций и в нынешних условиях считают, что в природе нет, и не может быть ошибок и недостатков.

Потребительские концепции. Развитие производства на промышленной основе в эпоху раннего капитализма потребовало существенно пересмотреть натуралистические концепции, закрепляющие приоритет природы над обществом. В эту эпоху природная среда объявлялась кладовой, из которой человек должен черпать богатства для развития материального производства, мастерской, где человек одновременно и работник, и творец, и господин. Идея утверждения господства человека над природой – основной стержень потребительских концепций, получивших развитие вместе с возникновением и дальнейшим ростом капиталистических отношений. «Потребизм» в отношениях человека и природы способствовал активной разработке природных ресурсов и росту промышленного и сельскохозяйственного производства. Однако он был прогрессивен до определенного времени. В нынешнее время потребительское отношение к природе является тормозом на пути гармонизации отношений человека и природы.

Алармизм. В период развитого капитализма впервые стали обостряться отношения между обществом и природой. В связи с этим появились различные экологические концепции, которые пытались скрыть сущность конфликтов, их причину и мешали составить программу выхода из экологического тупика. Экологический кризис, который охватил страны капитала в 50-70 гг. 20 века, вызывает широкое общественное движение, получившее название «алармизма». Алармизм – непосредственная реакция людей на процессы деградации природы под влиянием современного производства. Впоследствии алармизм становится базой для развития зеленого движения, для создания в некоторых странах партий зеленых, которые преследуют цель обеспечения гармонии в развитии общества и природы.

Концепция причин экологического кризиса. Такие причины усматриваются в неизбежных спутниках цивилизации – научно-техническом прогрессе и росте народонаселения. В качестве приемлемых средств рекомендуется саморегуляция и искусственные меры сокращения численности людей, доведение человечества до демографического минимума, который позволил бы ему гармонизировать с природой. Такой лозунг оправдывает развязывание войн, массовое истребление людей, недостатки медицинского обслуживания и, в целом, невнимание к человеку.

Опираясь на технологическую и демографическую причины экологического кризиса, западные социологи определяют следующие направления выхода из экологического тупика в форме следующих стратегий:

1) стратегия невмешательства в природу. Сторонники этой концепции от идеализации природы переходят к утверждениям о невозможности познания всех многообразных и опосредованных связей природы. Преклоняясь перед «разумом» природы, ее гармоничностью, стратегия невмешательства доводит отношения человека и природы до абсурда, ибо отрицает целесообразность всякой человеческой деятельности по использованию и преобразованию окружающей природной среды. Разумеется, общественный организм не способен нормально существовать и развиваться изолированно от природы, не осуществляя постоянного процесса обмена веществ и энергии. При осуществлении хозяйственной деятельности некоторые принципиальные положения этой концепции могут быть использованы.

Это, прежде всего, запрет на необдуманное, скоропалительное, нерациональное преобразование без учета закономерностей развития, во вред природе, человеку и обществу;

2) стратегия наступления на природу основывается на том, что в природе есть свои недочеты, и задача человека состоит в их исправлении и заполнении пустот. Это стратегия безоглядного хозяйствования в «мастерской» природы, стратегия ломки ее законов и принудительное подчинения их воле людей;

3) стратегия саморегуляции в природе и ааптации человека. Сторонники этой стратегии основное внимание обращают на способность природы к саморегуляции, к поглощению и переработке вредных веществ, вносимых туда человеком. Это одна сторона вопроса. Другая сторона этой концепции состоит в том, что сам че-

ловек исторически способен адаптироваться к окружающей его среде и постепенно приспособить свой организм к тем компонентам, которые искусственно существуют уже не в природной, а созданной им окружающей среде. Сторонники такой концепции фальсифицируют действие объективных законов природы. Для человека это связано с патологией, ибо приспособление человека к изменившейся окружающей среде требует выработки новых свойств организма, а эти свойства приобретаются постепенно в результате смены поколений.

Контрольные вопросы

1. Раскрыть особенности охраны природы в древности, средневековье и в новое время.
2. Описать исторические сведения охраны природы в России.
3. Охарактеризовать основные концепции взаимодействия природы и общества.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4
Природа как материальная основа природопользования

Цель занятия: изучить структуру экологических обобщений по Н.Ф. Реймерсу и основные законы, правила и принципы основ природопользования и охраны природы.

Задание 1 Структура экологических обобщений по Н.Ф. Реймерсу.

Задание 2 Законы, принципы и правила основ природопользования и охраны природы.

Структура экологических обобщений по Н.Ф. Реймерсу

Одним из крупнейших основателей структуры экологических обобщений является Николай Фёдорович Реймерс (1931-1993) – советский зоолог, эколог, один из главных участников становления заповедного дела в СССР – систематизировал около 300 сформулированных разными авторами обобщений различного уровня (законов, правил, принципов), применимых к природным и общественным системам, которые, в свою очередь, подразделяются по уровням (аксиома, гипотеза, принцип, закон или правило) и сфе-

рам применения (общесистемные обобщения, физико-химические и молекулярно-биологические основы существования живого, закономерности системы «организм-среда» и др.).

Таким образом, Н. Ф. Реймерс систематизировал обобщения, относящиеся ко всем областям «большой» экологии.

Ниже кратко излагается содержание обобщений, относящихся к проблемам природопользования.

Общесистемные обобщения должны действовать в любых системах (совокупностях взаимодействующих элементов), независимо от их конкретного содержания. К ним относится *аксиома эмерджентности* (от англ. emergence – возникающий, неожиданно появляющийся), сформулированная ещё в античное время. Эмерджентность – качество, свойства системы, которые не присущи ее элементам в отдельности, а возникают благодаря объединению этих элементов в единую, целостную систему.

Суть аксиомы: целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у частей-подсистем и не равно сумме элементов, не объединённых системообразующими связями. Например, водород и кислород являются газообразными элементами, однако, соединяясь вместе, они образую молекулу воды.

Эмерджентные свойства хорошо выражены, например, у муравейника, пчелиного улья, птичьей стаи, толпы людей и т.д.

Основные законы и принципы основ природопользования и охраны природы

▪ *Закон последовательности прохождения фаз развития:* фазы развития природной системы могут следовать лишь в эволюционно закрепленном (исторически, экологически обусловленном) порядке, обычно от простого к сложному, без выпадения промежуточных этапов (но, возможно, с очень быстрым их прохождением или эволюционно закрепленным отсутствием). Например, метаморфоз насекомых с полным превращением может идти лишь в направлении яйцо – личинка – куколка – имаго (взрослая стадия развития). Этот закон – логическое следствие диалектической историчности природы: ничто не может индивидуально сначала умереть, а потом лишь родиться или пройти развитие от старости к молодости. Это следует осознавать при рассмотрении экологических процессов типа сукцессии.

▪ *Закон неравномерности (разновременности) развития систем* или подсистем в больших системах: системы одного уровня

иерархии обычно развиваются не строго синхронно: в то время как одни из них достигли более высокого уровня развития, другие еще остаются в менее развитом состоянии.

▪ *Принцип Ле Шателье-Брауна,* называемый ещё принципом смещения равновесия: при внешнем воздействии, выводящем систему из равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия смягчается.

Примеры Ле Шателье-Брауна многочисленны и разнообразны: приобретение организмами защитной окраски и иные приспособительные реакции при отборе, образование под воздействием выветривания устойчивых в зоне гипергенеза осадочных пород.

▪ *Закон развития природной системы за счёт окружающей её среды*: любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно. Закон есть следствие из начал термодинамики. Он имеет чрезвычайно важное теоретическое и практическое значение благодаря основным своим следствиям:

1. Абсолютно безотходное производство невозможно (оно равнозначно созданию «вечного» двигателя).

2. Любая более высокоорганизованная биотическая система (например, вид живого), используя и видоизменяя среду жизни, представляет потенциальную угрозу для более низкоорганизованных систем (благодаря этому в земной биосфере невозможно повторное зарождение жизни – она будет уничтожена существующими организмами).

3. Биосфера Земли как система развивается не только за счет ресурсов планеты, но опосредованно за счет и под управляющим воздействием космических систем (прежде всего Солнечной).

▪ *Периодический закон географической зональности* сформулирован Л. С. Бергом и А. А. Григорьевым: со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и их некоторые общие свойства периодически повторяются (например: леса-степи-пустыни).

▪ *Закон физико-химического единства живого вещества,* сформулированный В. И. Вернадским: «вся биосфера распределяется на различные комбинации однородного вещества», вследствие этого вещества, вредные для одних видов, не могут быть безразличными для других.

Многочисленные и широко известные факты неизбирательного действия пестицидов, их миграции и накопления в трофических цепях могут рассматриваться как примеры действия данного закона. Физико-химическое единство живого достигается благодаря круговороту веществ. В круговоротах участвуют все известные из геохимии формы миграции вещества: механическая, газовая, водная, биогенная.

Связи между геосферами, сводящиеся к воздействию на организмы как биотических, так и абиотических факторов, описываются законом толерантности В. Шелфорда, законом минимума Ю. Либиха, правилом компенсации (взаимозаменяемости) факторов Э. Рюбеля, законом незаменимости фундаментальных факторов В. Р. Вильямса.

Согласно *закону толерантности*, фактором, лимитирующим процветание организма или вида, может быть и максимум, и минимум воздействия, диапазон значений между ними определяет интервал выносливости (толерантности) вида к данному фактору.

Согласно *закону минимума:* живой организм в природных условиях одновременно подвергается воздействия не одного, а многих экологических факторов. Причем любой фактор требуется организму в определенных количествах/дозах. Либих установил, что развитие растения или его состояние зависит не от тех химических элементов, которые присутствуют в почве в достаточных количествах, а от тех, которых не хватает. Если любого, хотя бы одного из элементов питания в почве меньше, чем требуется данным растениям, то оно будет развиваться ненормально, замедленно, или иметь патологические отклонения.

Суть закона: устойчивость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей, т.е. успешную жизнедеятельность организма ограничивает экологический фактор, количество и качество которого близки к минимуму.

▪ *Закон взаимодействия факторов*: взаимодействие факторов – одновременное или последовательное суммарное воздействие на организмы различных природных факторов, приводящее к ослаблению, усилению или видоизменению действия отдельного фактора.

Организм в определённой мере способен компенсировать недостаток или избыток некоторых (не всех) факторов другими,

функционально близкими. Так, недостаток света для растения может быть компенсирован избытком углекислого газа.

Однако, действие данного правила ограничивается законом незаменимости фундаментальных факторов.

▪ *Закон незаменимости фундаментальных факторов*: недостаток или отсутствие фундаментальных факторов, таких как воздух, вода, питание, не могут быть заменены другими факторами.

Воздействие физико-географических факторов на расселение биологических видов описывается рядом биогеографических закономерностей, действующих как частные случаи перечисленных выше законов факториальной экологии. К ним относятся:

▪ *правило ограничивающих факторов среды* – географический вариант трактовки закона минимума.

Суть правила: факторы среды, наиболее удаляющиеся от оптимума экологических потребностей вида, лимитируют возможности его существования в данных условиях. Например, в роли таких факторов обычно выступают крайние значения зимних и летних температур, параметры увлажнения.

Поскольку изменения того и другого проявляются как в климатической зональности и провинциальности, так и в микроклиматических колебаниях, границы ареалов отдельных видов оказываются расплывчатыми, что выражается в правиле топографического (популяционного) кружева ареала:

▪ *правило топографического (популяционного) кружева ареала*: вблизи климатических границ ареалов отдельные участки территории, в зависимости от микроклиматических условий, могут быть и пригодными, и непригодными для вида. В результате ареалы оказываются разорванными на локальные места обитания, приуроченные к благоприятным участкам.

Расположение таких благоприятных участков, в свою очередь, подчиняется определённым местным географическим закономерностям: теплолюбивые виды могут расселяться по южным склонам, влаголюбивые – по понижениям и т.п.

▪ *Правило географической изменчивости кружева ареала*: для одного и того же вида расположение благоприятных участков в разных частях ареала бывает неодинаково: у северных границ ареала – на южных склонах и наоборот.

▪ *Правило предварения* (уведомления о чём-либо заранее): на северных склонах обычно формируются ландшафты, свойствен-

ные более северным районам, на южных склонах – характерны для более южных ландшафтов.

▪ *Правило географического оптимума*: условия существования видов обычно наиболее благоприятны в центральной части ареала.

Среди обобщений, описывающих функционирование экосистем основным и важным является закон внутреннего динамического равновесия.

▪ *Закон внутреннего динамического равновесия*, сформулированный Н. Ф. Реймерсом в 1970 х. г.: вещества, энергия, информация и динамические качества отдельных природных (экологических) систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные перемены.

Следствия из этого закона:

а) любое изменение среды (веществ, энергии, информации, динамических качеств экосистем) неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, направленных в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер;

б) взаимодействие вещественно-энергетических экологических компонентов (энергии, газов, жидкостей и др.), информации и динамических качеств природных систем количественно не является линейным, т.е. слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других (и во всей системе в целом). Это объясняет механизм действия закона Х. Боулича «всё или ничего»: слабые воздействия могут не вызывать у природной системы ответных реакций до тех пор, пока, накопившись, не приведут к развитию бурного динамического процесса. Закон полезен при экологическом прогнозировании;

в) производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы проходя по иерархии снизу вверх – от места воздействия до биосферы в целом, они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень;

г) любое местное преобразование природы вызывает в глобальной совокупности биосферы и в ее крупнейших подразделениях ответные реакции, приводящие к относительной неизменно-

сти эколого-экономического потенциала («правило Тришкина кафтана»), увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических вложений (см. Закон снижения энергетической эффективности природопользования).

▪ *Закон экологической корреляции*: в экосистеме, как и в любом другом целостном природно-системном образовании, все входящие в него биотические и абиотические компоненты функционально соответствуют друг другу.

Законы, принципы и правила основ природопользования и охраны природы

Законы, правила и принципы природопользования включают в себя систематизированные Н. Ф. Реймерсом следующие группы обобщений: действующие в системе «человек-природа», законы социальной экологии, законы природопользования, принципы охраны среды жизни, социальной психологии и поведения человека, теоремы экологии как основы управления природопользованием.

Законы природопользования и охраны природы

Закон обратной связи взаимодействия «человек-биосфера» или «закон бумеранга»: на всех исторических этапах формы ведения хозяйства приспосабливались к местным особенностям природной среды и происходившим в ней изменениям. Перемены в хозяйстве воздействовали на среду и нередко вызывали в ней цепные реакции. Их последствия, в свою очередь, влияли на хозяйство.

Этот закон дополняет правило социально-экологического равновесия: общества развиваются до тех пор и постольку, поскольку сохраняют равновесие между своим давлением на среду и восстановлением этой среды, как природно-естественным, так и искусственным.

Закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов: все природные ресурсы и естественные условия Земли конечны либо в силу их прямой исчерпаемости (полезные ископаемые), либо в результате возмущений среды, делающих невозможным их использование (вода, воздух). Следствием этого очевидного факта является:

Закон падения природно-ресурсного потенциала: в рамках одной общественно-экономической формации, способа производства, типа технологий, природные ресурсы становятся всё менее доступными и требуют постоянного увеличения затрат труда и энергии на их извлечение, доставку и воспроизводство.

Снижение природно-ресурсного потенциала до общественно приемлемого уровня заставляет человечество постоянно совершенствовать технологии и общественные отношения.

В сельском хозяйстве давно известен близкий по смыслу закон:

Закон убывающей отдачи А. Тюрго-Т. Мальтуса: повышение удельного вложения энергии в агросистему не даёт адекватного пропорционального повышения её эффективности (урожайности), т.е. чем более высокий уровень эффективности достигнут, тем больших затрат требует дальнейший прогресс.

Общим следствием законов падения природно-ресурсного потенциала и убывающей отдачи является *закон снижения энергетической эффективности природопользования* в соответствии с которым с течением времени при получении полезной продукции из природных систем на ее единицу затрачивается все большее количество энергии. По мере исчерпания наиболее доступных ресурсов в использование включаются всё более сложные по условиям извлечения (добыча всё более бедных руд, освоение всё больших глубин добычи, ведение сельского хозяйства в малоблагоприятных условиях и т.п.).

Ограничения, связанные с действием указанных законов, преодолеваются использованием изощрённых способов получения и использования природных ресурсов, что выражает *закон увеличения наукоёмкости общественного развития*: чем больше знаний (информации) накапливает человечество, тем выше их роль в общественном производстве. Приобретённое знание рано или поздно находит то или иное применение, но не всегда то, которое предполагалось изначально. Поэтому каждый пройденный этап, каков бы он ни был, обогащает общество тем или иным новым опытом.

Закон исторической (социально-экологической) необратимости: процесс развития человечества как целого идёт от более ранних фаз к более поздним, но не наоборот. Призывы «назад к природе», «назад в пещеру» сопровождают человечество на протяже-

нии многих веков, что свидетельствует лишь об их нереалистичности.

Закон необратимости взаимодействия «человек-биосфера», сформулированный П. Дансеро: возобновимые природные ресурсы в случае глубокого изменения среды, чрезмерной эксплуатации, приводящей к уничтожению или истощению, превращаются в невозобновимые.

«Железные законы» охраны природы, сформулированные П. Р. Эрлихом:

1) В охране природы возможны только успешная оборона или отступление. Наступление невозможно, поскольку вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены.

2) Продолжающийся рост народонаселения и охрана природы принципиально противоречат друг другу.

3) Экономическая система, стремящаяся к росту, и охрана природы также принципиально противостоят друг другу.

4) Не только для других организмов, но и для человечества смертельно опасно представление о том, что при выработке решений об использовании Земли необходимо принимать во внимание только ближайшие цели и немедленное благо для человека разумного.

Принципы природопользования

1-й принцип природопользования: *путь тезы* (истинности, доказательства и равенства): опыт овладения и освоения природы человечеством до глобальных масштабов привел его, наконец, в преддверие вероятной гибели от потепления климата, к принятию ООН Рамочной конвенции по изменению климата и Киотского протокола к ней. На интуитивном уровне, но пока не на уровне общечеловеческого ясного осознания, человечество поняло, что может погибнуть так, как погибли мамонты и динозавры.

Перед лицом возможной гибели в человеке борется 2 начала:

1. Неистовое желание выжить и послать в вечность феномен своей культуры.

2. Меркантильное, торгашеское, материальное, а значит, животное в своей основе, желание удовлетворить свои низменные потребности. Что в человеке возьмет верх?

Борьба этих двух начал лежит в основе проблемы ратификации Киотского протокола.

Реализация 1-го принципа – это появление собственно человека. Человек учел опыт «цивилизации мамонтов» и в результате эволюции выработал инструмент сознания, позволивший ему избежать гибельного феномена гигантизма. Человек – живое биосоциальное существо, реализующее свое соотношение с природой посредством сознания, исключающего его видовой гигантизм.

2-й принцип природопользования: *путь антитезы*.

Данному принципу соответствуют практики природопользования эпох рабовладельческо-орошаемо-земледельческой, феодальной, кочевой, промышленной революции и глобализации. Опыт природопользования рабовладельческих цивилизаций орошаемого и богарного земледелия еще не способен был привести человечество к глобальной экологической катастрофе, но он уже вызвал ряд локальных экологических катастроф. Немые свидетельства тому: Сахара, Ближний Восток, пустыни Афганистана, Средней Азии, Гоби, Такла-Макан и т.д. В эти эпохи сознание перестает быть регулятором соотношения человека и природы, и появляются первые локальные признаки человеческого Гигантизма: человек перестал сознательно регулировать информационное давление на Биосферу. Помимо избыточного информационного влияния на природу определенной этнической и хозяйственной практики началась великая конкуренция земледелия и скотоводства: эти две практики природопользования конкурировали вплоть до XX столетия, пока земледелие окончательно не сокрушило скотоводство и тем еще более интенсифицировало гибель биосферы в планетарном масштабе. При этом механизмы приведения биосферы к локальным катастрофам достаточно просты:

1. *Орошаемое земледелие* вызывает закономерное соединение зеркала грунтовых вод с орошаемым слоем. Зеркало грунтовых вод – поверхность (верхняя граница) грунтовой воды, отделяющая безнапорные гравитационные воды от капиллярной каймы. Это меняет солевой, а значит и пищевой режим почв, вызывает гибель почв и опустынивание ареала. В результате таких изменений случаются локальные экологические катастрофы.

2. *Богарное земледелие*, особенно в плужные эпохи, вызывает, и это главное, слом механизма влагооборота в природе (основы круговорота веществ на планете Земля).

В доземледельческие эпохи влагооборот в природе совершался по схеме: осадки, формируемые испарением с суши и нагоняе-

мые океаном, через поверхность почвы, через зажоры в ней и т.д., проникали до водоупорного слоя, создавали в толще земли давление воды, которая затем появлялась на поверхности в виде ручьев, ручейков, рек и стекала в Мировой океан. Так повторялось сотни миллионов лет. Земледелие сломало этот механизм, и осадки уже не проникают в глубь земной суши, а стекают по поверхности, вызывая водную эрозию почв, что мультиплицирует эффект слома механизма влагооборота.

3. *Кочевая феодальная цивилизация* нанесла страшный удар по механизму первобытно-кочевого пастбищеоборота, тысячелетия дозировавшего информационные нагрузки на Биосферу в объеме общей эмерджентной динамики. Нагрузки на пастбища увеличились многократно. Это привело к изреживанию растительности, что повлекло за собой слом солевого режима почв, а вместе с ним и жестко завязанных на него водного и пищевого режимов почв. Это вызвало локальные экологические катастрофы вроде возникновения пустынь плато Устюрт, Семиречья, Бетпак-далы и т.д. Феодальным ханствам ничего не оставалось, как начать величайшую экспансию на земледельческие цивилизации. Вспомните походы Атиллы в Европу, половецких ханов на Русь, Чингисхана, покорившего Евразию. К XVII-XX векам ситуация изменилась. Земледелие покорило скотоводство, и уже обратная экспансия земледелия в степь усугубила и без того ее тяжелое экологическое положение тем, что информационные нагрузки на степь увеличились в разы: в XX столетии на планете начались величайшие пыльные бури, слом почвенных режимов дополнился физической гибелью почв в результате их ветровой и водной эрозии.

Промышленная революция окончательно добила инерцию действия, и использования сознание человека было подчинено его материальному началу и стало его служанкой. Производное сознания – наука, работала на существо, переставшее быть собственно человеком, а ставшее потребителем. Это существо стало использовать изобретенное человеком такое величайшее орудие, как сознание, для мультиплицирования своего животного свойства – потребительства, превратившего это человекоподобное существо в Гиганта природы, наподобие мамонтов и динозавров. "Человек" отныне стал пожирать природу, ничего не давая взамен, сведя к минимуму информационные компенсации биосфере.

Восторжествовал 2-й принцип природопользования: человек стал приспосабливать Природу к себе!

Природопользование в эпоху рынка стало меркантильным и откровенно торгашеским. Локальные сломы круговоротов веществ в природе слились воедино и привели к их вселенскому слому: идет всеобщая интенсивная аридизация суши. И парадоксальным образом, вызванным противоречивостью человеческой практики природопользования, аридизация суши дополнилась ее оборотной стороной – потеплением климата. Но это не все и не главное. Главное заключалось в том, что в эпоху промышленной революции «Человек» уже не ограничивался сломом естественных механизмов, а создал такую практику природопользования, которая своим назначением имела цель, в своем имманентном содержании, уничтожение природы – основы своего человеческого бытия.

Промышленность в настоящем виде – это орудие уничтожения природы. При этом природа уничтожается не только фактом потребления сырья, добытого в ней, но и теми отходами промышленности, которыми загаживается наша Планета. Но и это не все. «Человек» увеличил нагрузку на биосферу и тем, что покрыл землю городами, инфраструктурой, карьерами. Из биосферных процессов выпали миллионы квадратных километров. Это еще более усугубило информационную дефицитность в Природе. В наступившую эпоху глобализации такая практика природопользования привела "Человека" к вселенской экологической катастрофе, к необратимым изменениям климата.

Таким образом, переход человека ко 2-му принципу природопользования привел его к тому, от чего он пытался уйти в течение долгих тысячелетий: он стал Гигантом природы, многократно превзойдя Гигантизм мамонтов и динозавров благодаря использованию им мультиплицирующего эффекта сознания.

<u>3-й принцип природопользования:</u> *путь синтеза.*

Проблема соотношения человека и природы, решаемая через реализацию принципов природопользования.

Закончилась эпоха идеального баланса человека и природы. Человек перестал быть самим собой, безусловный человек стал напоминать себя условно и самонадеянно.

Путь синтеза проявляется в росте числа индивидов, их массы тела и в росте объемов культуры: городов, инфраструктуры, промышленности, объемов вторжения в природу. Человеческому ги-

гантизму сопутствует и рост отходов реализации 2-го принципа природопользования, помимо прочего приведших к вероятному изменению климата, а значит и к гибели человека как вида.

Закономерно возникает вопрос: что делать? Человечество должно перейти к третьему принципу природопользования, который бы являлся синтезом 1-го (тезы) и 2-го (антитезы) принципов. 3-й принцип природопользования звучит так: *человек приспосабливает себя к природе* посредством вербально формализованного Сознания. Это позволит:

1. Избежать глобальной экологической катастрофы, в которой вероятность потепления климата от выбросов ПГ является лишь одним из ее элементов. Значит, мы не вымрем, как мамонты.

2. Человеку произвести «капитальный ремонт» всех механизмов естественного круговорота веществ в природе.

3. Изменить все цивилизационные схемы бытия человека: они будут точно следовать естественному течению развития биосферы. Биосфера, с органично встроенным в нее механизмом разума человеческой цивилизации, превратится в ноосферу, предсказанную великим В. Вернадским: человека с его культурой будет ровно столько, сколько необходимо для прогрессивного, эмерджентного развития биосферы, т.е. величина информационных отчуждений из нее человеком будет покрываться более значительными ее компенсациями.

Современный уровень формализации сознания позволяет создать такие схемы цивилизации, которые полностью вмонтируют человека в объективное течение биосферных процессов: нанотехнологии, водородная и альтернативная энергетики, хайтек и т.д. Такие схемы цивилизации позволят: отменить земледелие как практику природопользования; включить скотоводство в естественные трофические цепи; перейти человечеству к автотрофности; не нарушать целостность биосферы, подняв в воздух города, транспортную инфраструктуру; информационно точно соотнести совокупного человека и биосферу и т.д.

Правила природопользования и охраны природы

Правила меры преобразования природных систем: в ходе эксплуатации природных систем нельзя превышать некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдержания (самоорганизации и саморегуляции).

Правило интегрального ресурса: конкурирующие в сфере использования природных систем отрасли хозяйства наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем более они изменяют совместно эксплуатируемый экологический компонент или природный комплекс в целом.

Контрольные вопросы

1. Раскрыть структуру экологических обобщений по Н. Ф. Реймерсу.
2. Охарактеризовать основные законы природопользования и охраны природы.
3. Объяснить принципы природопользования.
4. Охарактеризовать правила основ природопользования и охраны природы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5
Государственное управление природопользованием и охраной окружающей среды

Цель занятия: изучить положения, виды и органы государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды.

Задание 1 Положения и виды органов государственного управления природопользованием и охраной природы.

Задание 2 Специальные органы государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды.

Задание 3 Государственное управление природопользованием и охраной окружающей среды функциональными и иными органами.

Положения и виды органов государственного управления природопользованием и охраной природы

Государственное управление природопользованием и охраной окружающей среды строится на основе специфических положений:

• *Законность управления*. Принцип законности государственного управления природопользованием и охраной окружающей

среды означает, что функции управления могут и должны осуществляться в соответствии с требованиями экологического законодательства согласно компетенции того или другого государственного органа.

• *Комплексный (всесторонний) подход к решению вопросов природопользования и охраны окружающей среды*: обусловлен объективным законом единства природы, всеобщей взаимосвязью происходящих в природе явлений. Он проявляется в том, что в рамках данного вида управления реализуются все вытекающие из законодательства функции, в сфере государственного управления оказываются все природопользователи, призванные выполнять экологические требования, при принятии административных решений принимаются во внимание все виды вредных воздействий на состояние природы, ведется их учет.

• *Сочетание бассейнового и административно-территориального принципов организации управления природопользованием и охраной окружающей среды*. Принцип сочетания бассейнового и административно-территориального принципов организации управления природопользованием и охраной окружающей среды проявляется в разных формах. В области водопользования он заключается в том, что государственное управление использованием и охраной вод осуществляется не только федеральными органами и органами субъектов Федерации в области управления водным фондом, но и инспекциями по регулированию использования и охране вод, образованными применительно к бассейнам основных внутренних морей, рек, озер. Например, деятельность Московско-Окской бассейновой инспекции охватывает территории Московской, Тверской, Калужской и Рязанской областей.

Бассейновый принцип применяется также в организации государственного управления использованием и охраной рыбных запасов страны. Управления и инспекции рыбоохраны образованы применительно к бассейнам основных рыбохозяйственных водоемов. Так, например, в 1995 г. охрану рыбных запасов во внутренних водоемах РФ осуществляли 26 бассейновых управлений органов рыбоохраны Роскомрыболовства.

Управление использованием и охраной недр также осуществляется с учетом существующих геологических особенностей формирования месторождений полезных ископаемых.

• *Разделение хозяйственно-эксплуатационных и контрольно-надзорных функций при организации деятельности специально уполномоченных государственных органов* проявляется в том, что органы, наделенные контрольно-надзорными функциями управления использованием и охраной природных ресурсов не могут выполнять функций по хозяйственному использованию соответствующих ресурсов. Этот принцип должен быть применим к специально уполномоченным государственным органам в области природопользования и охраны окружающей среды. Посредством данного принципа обеспечивается объективность экологического контроля и надзора и эффективность действия права окружающей среды в целом.

Виды органов государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды. Органы общей компетенции

Государственное управление использованием и охраной природных ресурсов осуществляют различные государственные органы, наделенные разной компетенцией и функционирующие на разных уровнях. Их можно подразделить на три вида: органы общей компетенции, органы специальной компетенции, функциональные органы.

Особенность управления природопользованием и охраной окружающей среды органами общей компетенции заключается в том, что они осуществляют эту деятельность наряду с решением других задач, отнесенных к их компетенции – это развитие экономики, управление развитием социальной сферы (здравоохранение, образование и др.), культуры, обороны, космоса и т.д.

К *органам общей компетенции*, осуществляющим государственное управление использованием и охраной природных ресурсов, относятся:

• Федеральное Собрание РФ;

• Президент Российской Федерации;

• Правительство России;

• Администрация субъектов РФ, а также органы местной администрации.

При анализе системы органов государственного управления в области охраны окружающей среды и природопользования общей компетенции принципиальным является вопрос: участвуют ли в этом процессе представительные органы? В соответствии с прин-

ципом разделения властей государственное управление возлагается на органы исполнительной власти. Ранее, когда вся власть принадлежала Советам народных депутатов, представительные органы осуществляли и управление охраной окружающей среды. Их участие в управлении было даже закреплено в Законе «Об охране окружающей природной среды». В число органов государственного экологического контроля, наряду с Правительством и специально уполномоченными государственными органами, были включены Верховный Совет РФ и представительные органы субъектов РФ (ст. 70).

С учетом действия принципа разделения властей роль Федерального Собрания РФ в государственном управлении природопользованием и охраной окружающей среды минимальна. Она сводится, в частности, к принятию решения об объявлении зоны чрезвычайной экологической ситуации и зоны экологического бедствия в соответствии со ст. 58 и 59 Закона «Об охране окружающей природной среды». Кроме того, на парламент возлагается ряд контрольных полномочий, предусмотренных Конституцией РФ, которые имеют косвенное отношение к рассматриваемой сфере. Причем в основном они принадлежат Государственной Думе. Контрольные полномочия Государственной Думы проявляются в том, что она дает согласие Президенту РФ на назначение Председателя Правительства России и решает вопрос о доверии Правительству России.

С учетом того, что государственное финансирование охраны окружающей среды имеет решающее значение для достижения целей поддержания и восстановления благоприятного состояния окружающей среды, контроль Государственной Думы за деятельностью Правительства при формировании бюджета – важная функция управления. Контроль за исполнением федерального бюджета, в том числе по статьям, касающимся охраны окружающей среды, относится к совместному ведению обеих палат Федерального Собрания. На регулярной основе такой контроль от имени Федерального Собрания осуществляет специально созданный орган – Счетная палата. Контрольная деятельность Счетной палаты регулируется Федеральным законом от 11 января 1995 г. «О Счетной палате Российской Федерации».

Природоохранительная деятельность Президента РФ регулируется многими актами, включая Конституцию РФ. К важнейшим

функциям управленческой деятельности Президента, предусмотренных Конституцией, можно отнести определение основных направлений внутренней и внешней экологической политики государства; нормотворчество; организацию системы центральных органов исполнительной власти России; гарантии соблюдения прав граждан в области природопользования и охраны окружающей среды; обеспечение согласованного функционирования и взаимодействия органов государственной власти в области природопользования и охраны окружающей среды.

Управление охраной окружающей среды и природопользованием осуществляется как непосредственно Президентом РФ, так и структурами в его администрации. За время действия института президентства в России специальными структурами в администрации Президента были Советник Президента по вопросам экологии и охраны здоровья, Межведомственная комиссия по экологической безопасности Совета Безопасности РФ. Однако первая из названных структур упразднена.

При анализе деятельности Президента РФ по управлению природопользованием и охраной окружающей среды, нельзя не обратить внимание на очевидную тенденцию принятия им решений, уменьшающих возможности для решения в стране острейших экологических проблем. Об этом свидетельствует не только упразднение должности Советника по вопросам экологии в собственном аппарате. Указом Президента РФ от 14 августа 1996 г. «О структуре федеральных органов исполнительной власти» было упразднено Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ и на его основе образован Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, имеющий более низкий статус в сравнении с министерством. Тем же Указом ликвидирован как самостоятельный Государственный комитет по санитарно-эпидемиологическому надзору России, отвечавший за санитарно-эпидемиологическое благополучие населения. Госсанэпиднадзор стал частью Минздрава РФ.

Компетенция Правительства РФ и правительств субъектов РФ в сфере природопользования и охраны окружающей среды определена многими нормативными правовыми актами – как общими, так и экологическими. В соответствии со ст. 114 Конституции РФ Правительство РФ:

• обеспечивает проведение в Российской Федерации единой государственной политики в области экологии;

• осуществляет управление федеральной собственностью на природные ресурсы;

• проводит меры по обеспечению законности, осуществлению экологических прав граждан и др.

Федеральный конституционный закон от 17 декабря 1997 г. «О Правительстве Российской Федерации» в отдельной статье определил полномочия Правительства РФ в сфере природопользования и охраны окружающей среды. Согласно ст. 18, Правительство РФ:

• обеспечивает проведение единой государственной политики в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности;

• принимает меры по реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду, по обеспечению экологического благополучия;

• организует деятельность по охране и рациональному использованию природных ресурсов, регулированию природопользования и развитию минерально-сырьевой базы Российской Федерации;

• координирует деятельность по предотвращению стихийных бедствий, аварий и катастроф, уменьшению их опасности и ликвидации их последствий.

Более подробно полномочия Правительства РФ регламентированы в Законе «Об охране окружающей природной среды», иных актах законодательства об окружающей среде. В частности, Правительство РФ:

• обеспечивает разработку и реализацию государственных экологических программ;

• координирует деятельность министерств и ведомств на территории РФ в области охраны окружающей среды;

• устанавливает порядок образования и использования федерального внебюджетного экологического фонда;

• организует подготовку и распространение ежегодного государственного доклада о состоянии окружающей природной среды;

• устанавливает порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в

окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов;

• устанавливает порядок определения платы и ее предельных размеров за пользование природными ресурсами, загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия;

• принимает решения об организации особо охраняемых природных территорий и объектов и включении их в природно-заповедный фонд Российской Федерации;

• организует систему всеобщего непрерывного экологического воспитания и образования граждан и др.

Правительство РФ осуществляет деятельность в области природопользования и охраны окружающей среды как самостоятельно, так и через созданные им структуры. В аппарате Правительства РФ вопросами в данной области ведает Департамент реформирования агропромышленного комплекса и защиты окружающей среды, созданный в 1997 г. (до этого – Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды). Вспомогательным органом Правительства РФ является также Правительственная комиссия по окружающей среде и природопользованию, действующая на основе Положения от 14 февраля 1997 г. К ее основным задачам относится рассмотрение вопросов, связанных:

- с обеспечением экологической безопасности;
- рациональным использованием природных ресурсов;
- сохранением биологического разнообразия;
- разработкой и реализацией стратегии устойчивого развития страны;
- рассмотрение предложений по совершенствованию государственного управления и развитию федеративных отношений в сфере природопользования и охраны окружающей среды;
- рассмотрение проектов и программ федерального и международного значения по изучению, освоению, воспроизводству, охране природных ресурсов и окружающей среды;
- контроль за выполнением решений Правительства РФ по вопросам, относящимся к его компетенции.

Деятельность органов общей компетенции в области природопользования и охраны окружающей среды на уровне субъектов Российской Федерации регулируется как федеральным законодательством, так и нормативными правовыми актами субъектов РФ.

Она включает обеспечение реализации государственной экологической политики; координацию деятельности министерств и ведомств в данной сфере; планирование рационального природопользования и охраны окружающей среды; организацию ведения кадастров природных ресурсов на уровне субъектов; осуществление государственного контроля за природопользованием и охраной окружающей среды и др.

Полномочия органов местного самоуправления в области охраны окружающей среды и природопользования определены как Федеральным законом от 28 августа 1995 г. «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», так и отдельными актами экологического законодательства.

Местное самоуправление в области природопользования

Местное самоуправление осуществляется на всей территории России в городских, сельских поселениях и на иных территориях. Это наиболее многочисленная система органов в стране, призванная решать задачи в сфере взаимодействия общества и природы. При оценке этих органов важно иметь в виду, что экологические проблемы, как правило, имеют локальный характер.

Местное самоуправление есть выражение власти народа, представляет собой признаваемую и гарантируемую Конституцией РФ самостоятельную и под свою ответственность деятельность населения по решению непосредственно или через органы местного самоуправления вопросов местного значения, исходя из интересов населения, его исторических и иных местных традиций. К органам местного самоуправления относятся как выборные, так и другие органы, образуемые в соответствии с уставами муниципальных образований.

В соответствии со ст. 6 Закона «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» в ведении муниципальных образований находятся вопросы местного значения, а также отдельные государственные полномочия, которыми могут наделяться органы местного самоуправления. К вопросам местного значения относятся:

• владение, пользование и распоряжение природными ресурсами, находящимися в муниципальной собственности;

• обеспечение санитарного благополучия населения;

• регулирование планировки и застройки территорий муниципальных образований;

• контроль за использованием земель на территории муниципального образования;

• регулирование использования водных объектов местного значения, месторождений общераспространенных полезных ископаемых, а также недр для строительства подземных сооружений местного значения;

• благоустройство и озеленение территории муниципального образования;

• участие в охране окружающей среды на территории муниципального образования;

• организация и содержание муниципальной информационной службы.

С учетом того, что организация государственного управления на федеральном уровне отнесена в соответствии с Конституцией РФ к компетенции Президента России и в законодательстве, как правило, не называются конкретные органы как адресаты норм, для органов общей компетенции важнейшей является функция координации государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды. Она реализуется, во-первых, посредством создания оптимальной системы органов исполнительной власти. И, во-вторых, путем определения конкретных органов как головных и наделенных координационной функцией. В частности, функции координации деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ по совместному проведению природоохранных мероприятии, выполнению обязательств Российской Федерации, вытекающих из международных договоров по охране окружающей среды и использованию природных ресурсов, выполняет Правительственная комиссия по окружающей среде и природопользованию.

При характеристике деятельности органов общей компетенции в области природопользования и охраны окружающей среды важно подчеркнуть, что эти органы как самостоятельно, так и совместно со специально уполномоченными органами в данной сфере, по их предложениям решают задачи по выработке и реализации государственной экологической политики, разработке государственных экологических программ. Органы общей компетенции определяют порядок осуществления некоторых функций государственного управления в природопользовании и охране окружающей среды. Так, Правительство РФ определяет порядок осу-

ществления некоторых функций управления, например, экологического нормирования, государственной экологической экспертизы, экологического лицензирования, определения платы за природопользование. При этом подготовка и принятие управленческих решений по нормированию, государственной экологической экспертизе, определению платы за природопользование и загрязнение окружающей среды не относится к компетенции органов общей компетенции. Важно то, что этим заняты органы специальной компетенции. И органы общей компетенции не вправе вмешиваться в этот процесс. Что касается такой природоохранной меры, как предоставление лицензий на природопользование, то эти лицензии выдаются в соответствии с законодательством и Правительством РФ, и уполномоченными природоохранными органами.

Специальные органы государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды

В решении задач обеспечения рационального природопользования и охраны природы велика роль специализированных органов управления, действующих на разных уровнях. На них возложены наиболее ответственные функции, связанные с экологическим нормированием, лицензированием, сертификацией, контролем и т.д.

К специализированным относятся органы, созданные исключительно для решения задач в сфере взаимодействия общества и природы. Поскольку власть этих органов по специальным вопросам охраны природы и рациональному природопользованию распространяется на все отрасли народного хозяйства и сферы деятельности, их часто называют межотраслевыми или надведомственными органами.

В последние годы система центральных органов исполнительной федеральной власти в области природопользования и охраны окружающей среды неоднократно изменялась, причем не в сторону ее совершенствования. Решения, принимаемые по вопросам развития системы таких органов, основывались не на идеях целесообразности, обеспечения последовательного решения задач рационального природопользования и охраны природы, а исходя преимущественно из интересов ведомств, руководствуясь политическими соображениями.

Существовавший с 1988 г. Государственный комитет РСФСР по экологии и природопользованию в 1991 г. был преобразован в Министерство экологии и природных ресурсов РФ. В 1992 г. Минэкологии было переименовано в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. А в 1993 г. природоресурсные органы, на базе которых создавался Государственный комитет по экологии и природопользованию, вышли из его состава и стали вновь самостоятельными государственными структурами.

В 1996 г. при очередном формировании структуры органов федеральной исполнительной власти решением Президента РФ Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов было упразднено. Вместо него создан Государственный комитет РФ по охране окружающей среды (Госкомэкология). Одновременно на базе упраздненных Минприроды, Комитета РФ по водному хозяйству и Комитета РФ по геологии и использованию недр было образовано Министерство природных ресурсов РФ.

Как отмечалось, статус центрального органа России, ответственного за управление в области охраны окружающей среды, в соответствии с Указом Президента РФ от 14 августа 1996 г. «О системе федеральных органов исполнительной власти» существенно понижен.

В октябре 1996 г. Правительством РФ были приняты постановления «Вопросы Министерства природных ресурсов Российской Федерации» и «Вопросы Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды», которыми до утверждения положений об этих органах было проведено разграничение некоторых их полномочий. Превысив свои полномочия, Правительство РФ постановило возложить на Госкомэкологию России осуществление государственной политики в сфере охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и сохранения биологического разнообразия, межотраслевую координацию и функциональное регулирование в этой сфере деятельности, а также осуществление государственного экологического контроля, государственной экологической экспертизы и управления государственными природными заповедниками и другими особо охраняемыми территориями, находящимися в его ведении.

Что касается Министерства природных ресурсов РФ, то на него возложено проведение государственной политики в сфере изучения, воспроизводства, использования и охраны всех видов при-

родных ресурсов, применяемых в экономике страны, координация деятельности в этой сфере иных федеральных органов исполнительной власти и осуществление управления государственным фондом недр, а также использованием и охраной водного фонда.

Помимо Государственного комитета РФ по охране окружающей среды и Министерства природных ресурсов РФ в систему специально уполномоченных государственных органов в области природопользования и охраны окружающей среды входят:

• Государственный комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству;

• Федеральная служба лесного хозяйства России.

При множестве специально уполномоченных государственных органов управления природопользованием и охраной окружающей среды происходит дублирование той или другой деятельности, и потому существенным является вопрос о ее координации. Под координацией понимается обеспечение взаимодействия или согласованного действия государственных органов или их структурных подразделений, не находящихся в отношениях подчинения, по решению возложенных на них нормативными правовыми актами общих задач и функций в области природопользования и охраны окружающей среды.

В законодательстве функция координации остается на данный момент урегулированной слабо, недостаточно последовательно. Так, постановлением Правительства РФ «Вопросы Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды» на Госкомэкологию России возложены функции межотраслевой координации в сфере охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и сохранения биологического разнообразия. Однако одновременно координация по охране всех видов природных ресурсов, применяемых в экономике страны, постановлением Правительства РФ «Вопросы Министерства природных ресурсов Российской Федерации» возложена на Министерство природных ресурсов РФ. Известно, что охрана отдельных природных ресурсов есть часть охраны окружающей среды.

Госкомэкология же будет проводить и функциональное регулирование в этой сфере деятельности, а также осуществлять государственный экологический контроль, государственную экологическую экспертизу и управление государственными природными

заповедниками и другими особо охраняемыми территориями, находящимися в его ведении.

Что касается координации деятельности в области использования природных ресурсов, то данная функция по вопросам использования всех видов природных ресурсов, применяемых в экономике страны, также возложена на Министерство природных ресурсов. Координация деятельности по использованию иных природных ресурсов (вне особо охраняемых природных территорий, находящихся в ведении Госкомэкологии РФ) не регулируется вовсе.

Характеристика специальных органов государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды

Государственный комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству (Госкомзем России) действует на основании Земельного кодекса РСФСР и Положения, утвержденного постановлением Правительства РФ от 2 февраля 1993 г. Его основными задачами являются:

• осуществление государственной политики в области рационального использования и охраны земель, сохранения и воспроизводства плодородия почв, улучшения природной среды;

• организация и проведение работ, связанных с приватизацией земель;

• осуществление государственного контроля за использованием и охраной земель;

• ведение государственного земельного кадастра и мониторинга земель;

• организация и проведение работ по землеустройству;

• организация выполнения научно-исследовательских работ по проблемам землеустройства, государственного земельного кадастра и мониторинга земель;

• создание банка данных о федеральных и других землях;

• разработка мер по экономическому стимулированию рационального использования земель и развитию всех форм хозяйствования на земле.

Федеральная служба лесного хозяйства России (Рослесхоз) является федеральным органом исполнительной власти по управлению лесным хозяйством на территории РФ, осуществляющим государственное регулирование и государственный контроль в об-

ласти использования, воспроизводства, охраны и защиты лесов. Рослесхоз осуществляет свою деятельность на основе Лесного кодекса РФ и Положения, утвержденного постановлением Правительства РФ от 5 июля 1994 г. Основными задачами Рослесхоза являются:

• разработка основных направлений государственной политики в области использования, воспроизводства, охраны, защиты лесов и развития лесного хозяйства;

• обеспечение непрерывного и неистощительного лесопользования, сбережения и приумножения лесных богатств, сохранения и усиления защитных, водоохранных, оздоровительных и иных полезных природных функций леса;

• обеспечение в пределах своей компетенции соблюдения всеми владельцами лесного фонда и лесопользователями установленного порядка пользования лесным фондом, правил ведения лесного хозяйства, воспроизводства, охраны и защиты лесов, правил государственного учета и отчетности, а также иных норм и правил, установленных лесным законодательством;

• соблюдение федеральных интересов при регулировании лесопользования, восстановлении, охране и защите лесов;

• совершенствование экономических и других методов управления лесным хозяйством.

Названные специальные органы государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды осуществляют свои функции на всей территории Российской Федерации самостоятельно и через свои территориальные органы.

Государственное управление природопользованием и охраной окружающей среды функциональными и иными органами

В системе центральных органов федеральной исполнительной власти имеется ряд органов, на которые также возложены специальные задачи по государственному управлению природопользованием и охраной окружающей среды наряду с решением иных задач. К таким органам относятся:

1) Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и его подведомственные органы являются специально уполномо-

ченными государственными органами РФ в области охраны окружающей среды по вопросам мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды. Их деятельность в этой части координируется Госкомэкологией России. Росгидромет проводит свою деятельность на основе Положения, утвержденного постановлением Правительства РФ от 8 сентября 1994 г.

Основные задачи Росгидромета включают:

• гидрометеорологическое и гелиогеофизическое обеспечение народного хозяйства, органов государственной власти, населения и Вооруженных Сил РФ и мониторинг состояния и загрязнения атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, комплексный фоновый мониторинг и космический мониторинг состояния природных объектов;

• оценку климатических изменений, агроклиматических и поверхностных водных ресурсов РФ и субъектов РФ;

• исследование гидрометеорологических и геофизических процессов в атмосфере, на поверхности суши и в Мировом океане, включая Арктику и Антарктику;

• осуществление активных воздействий на гидрометеорологические и другие геофизические процессы и явления в интересах народного хозяйства;

• государственный надзор за проведением предприятиями, учреждениями и организациями работ по активному воздействию на гидрометеорологические и другие геофизические процессы и явления;

• выполнение в установленном порядке международных обязательств РФ по вопросам гидрометеорологии и гелиогеофизики, климата и его изменений, мониторинга загрязнения окружающей среды, состояния верхних слоев атмосферы и ее озонового слоя, изучения Мирового океана, Арктики и Антарктики, активного воздействия на гидрометеорологические процессы.

2) Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ.

Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ (Минсельхозпрод России) занимает особое место в системе функциональных органов, обеспечивающих государственное управление природопользованием и охраной окружающей среды, так как является специально уполномоченным государственным органом по охране и регулированию использования животного мира на

территории России в части охраны и регулирования использования охотничьих животных и рыболовства.

В соответствии с Положением о Министерстве сельского хозяйства и продовольствия РФ, утвержденным постановлением Правительства РФ от 12 августа 1994 г., на него возложены задачи разработки и реализации мероприятий по охране окружающей среды и природных ресурсов в отраслях сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности. Минсельхозпрод оказывает содействие органам исполнительной власти субъектов РФ в организации рационального использования земельных, лесных, водных и других природных ресурсов; осуществляет государственное управление охотничьими хозяйствами, охрану и контроль за охотничьими животными и ведением охотничьего хозяйства; ведет надзор за соблюдением правил охоты, выдачу удостоверений на право охоты и разрешений (лицензий) на добычу охотничьих животных в РФ; обеспечивает воспроизводство плодородия и сохранение почв, защиту растений от сорняков, вредителей, болезней и реализует мероприятия по охране окружающей среды; организует защиту от проникновения на территорию Российской Федерации болезней животных и растений, вредителей, сорняков и других карантинных объектов.

3) Министерство здравоохранения РФ.

Министерство здравоохранения РФ (Минздрав России) является федеральным органом исполнительной власти, обеспечивающим проведение государственной политики в области здравоохранения и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В соответствии с Указом Президента РФ от 14 августа 1996 г. «О структуре федеральных органов исполнительной власти» Государственный комитет по санитарно-эпидемиологическому надзору России, отвечавший за санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, был ликвидирован как самостоятельный орган государственного управления. Он стал частью Минздрава России.

К основным задачам Минздрава РФ относятся:

1) разработка основ государственной политики в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

2) осуществление государственного санитарно-эпидемиологического надзора;

3) санитарно-гигиеническое нормирование, координация и регулирование вопросов охраны здоровья населения в связи с воз-

действием на человека неблагоприятных факторов среды его обитания и условий жизнедеятельности.

К ***главным задачам*** Минздрава относится также создание функциональной подсистемы экстренной медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях и руководит её деятельностью совместно с МЧС России. В области профилактики заболеваний Минздрав РФ осуществляет мероприятия по профилактике инфекционных, паразитарных заболеваний, особо опасных инфекционных заболеваний, профессиональных заболеваний и отравлений, а также неинфекционных заболеваний, связанных с воздействием на здоровье человека неблагоприятных факторов среды его обитания.

В области санитарно-эпидемиологического благополучия населения Минздрав РФ осуществляет гигиеническую сертификацию продукции; создает государственную систему наблюдения, оценки и прогнозирования состояния здоровья населения в связи с состоянием среды обитания человека (социально-гигиенический мониторинг), формирует базы данных о состоянии охраны здоровья человека и среды его обитания; проводит государственную регистрацию потенциально опасных химических и биологических веществ.

4) Федеральная служба геодезии и картографии России.

Федеральная служба геодезии и картографии России (Роскартография) является специально уполномоченным государственным органом РФ в области охраны окружающей среды в части проведения экологического картографирования, а также мониторинга окружающей среды. Она осуществляет топографо-геодезическое и картографическое обеспечение федеральных и региональных экологических программ. Ее деятельность в данной сфере координируется Госкомэкологией России. Совместно с Госкомэкологией, Госкомземом, Рослесхозом, Министерством природных ресурсов РФ Роскартография создает соответствующие кадастры.

На Роскартографию возложено топографо-геодезическое картографическое обеспечение делимитации, демаркации и проверки прохождения линии Государственной границы РФ, формирование банков данных об этой границе, границах континентального

шельфа, исключительной экономической зоны Российской Федерации и границах зарубежных стран.

Роскартография проводит свою деятельность на основе Федерального закона от 26 декабря 1995 г. «О геодезии и картографии» и Положения, утвержденного постановлением Правительства РФ от 19 июня 1994 г.

5) Министерство внутренних дел РФ.

Министерство внутренних дел РФ (МВД России) является государственным органом, выполняющим специальные функции в области охраны окружающей среды, и правоохранительным органом. МВД России в пределах своих полномочий осуществляет государственное управление в сфере защиты прав и свобод человека и гражданина и охраны правопорядка, имеющее непосредственное отношение к охране природы.

Специальные природоохранительные функции МВД России связаны с тем, что данное Министерство руководит Государственной автомобильной инспекцией, осуществляющей надзор за соблюдением владельцами автотранспортных средств правовых требований об охране окружающей среды от загрязнения выхлопными газами. Оно организует работу, связанную с допуском авто и мототранспортных средств и водителей к участию в дорожном движении.

МВД и его органы участвуют в реализации мероприятий единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также в проведении карантинных мероприятий во время эпидемий и эпизоотии. Они обеспечивают общественный порядок при ликвидации последствий крупных аварий, катастроф, пожаров и стихийных бедствий.

6) Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации.

Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России) призван обеспечивать формирование и реализацию государственной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации, в том числе по вопросам природопользования и охраны окружающей среды.

Госстандарт совместно с Госкомэкологией РФ и другими природоохранительными органами обеспечивает включение в государственные стандарты на продукцию, работы, услуги обязательных экологических требований и принимает государственные

стандарты РФ (за исключением стандартов в области строительства). Госстандарт совместно с Госкомэкологией России определяет номенклатуру объектов, подлежащих обязательной экологической сертификации, устанавливает общие правила и рекомендации по проведению сертификации. Он осуществляет также государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил метрологии и сертификации.

7) Министерство строительства РФ.

Министерство строительства Российской Федерации (Минстрой России) обеспечивает разработку, принимает и издает государственные стандарты, нормы и правила в области строительства, архитектуры, градостроительства, обязательные для исполнения как юридическими, так и физическими лицами, и осуществляет контроль за их соблюдением на территории РФ. Названные стандарты, нормы и правила устанавливают экологические требования, ориентированные на соответствующие сферы. Минстрой принимает практические меры по совершенствованию градостроительства и системы расселения, повышению качества архитектурно-планировочных и архитектурно-художественных решений зданий, сооружений и предприятий при застройке городов и других поселений в целях создания полноценной среды для жизнедеятельности населения. Правовой основой деятельности Минстроя России служит Положение, утвержденное постановлением Правительства РФ от 14 октября 1994 г.

8) Федеральный горный и промышленный надзор России.

Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор России) организует и осуществляет на территории РФ государственное регулирование промышленной безопасности и государственного надзора за соблюдением центральными органами федеральной исполнительной власти, предприятиями, объединениями и организациями, независимо от их организационно-правовых форм, должностными лицами и гражданами требований по безопасному ведению работ в промышленности, устройству и безопасной эксплуатации оборудования с учетом экологических требований; организует и проводит государственный горный надзор в целях обеспечения соблюдения всеми пользователями недр законодательства РФ, утвержденных в установленном порядке требований (правил и норм) по безопасному ведению работ,

предупреждению и устранению их вредного влияния на население, окружающую природную среду, объекты народного хозяйства, а также по охране недр. Госгортехнадзор России лицензирует также отдельные виды деятельности, связанные с повышенной опасностью промышленных производств (объектов) и работ, а также обеспечением безопасности при пользовании недрами. Госгортехнадзор России осуществляет государственное регулирование и надзор на территории РФ через образуемые им региональные органы (округа) и действует на основе Положения, утвержденного Указом Президента РФ от 18 февраля 1993 г.

9) Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности.

С учетом широкого использования в разных сферах радиоактивных и расщепляющихся веществ и материалов Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (Госатомнадзор России) призван занимать важное место в системе специальных органов экологического контроля. В соответствии с Положением, утвержденным распоряжением Президента РФ от 5 июня 1992 г., основными задачами Госатомнадзора России являются формирование системы правовых, экономических и организационно-технических мер по обеспечению ядерной и радиационной безопасности; установление правил и норм в области ядерной и радиационной безопасности; надзор за соблюдением требований законодательства в области производства, обращения и использования ядерных материалов и радиоактивных веществ.

10) Государственный таможенный комитет РФ.

Государственный таможенный комитет РФ (ГТК России) в процессе осуществления таможенного дела обеспечивает защиту экологических прав и интересов граждан, предприятий, учреждений и организаций; соблюдение разрешительного порядка перемещения экологически опасных или значимых товаров через таможенную границу; пресекает незаконный оборот через таможенную границу РФ видов животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения, их частей и дериватов (производных); содействует осуществлению мер по защите жизни и здоровья людей, защите животных и растений, охране окружающей среды; проводит таможенный контроль за ввозом и вывозом экологически опасной продукции.

Деятельность ГТК и его органов регулируется Таможенным кодексом РФ, принятым 18 июня 1993 г., и Положением о данном Комитете, утвержденным Указом Президента РФ от 25 октября 1994 г.

11) Федеральная пограничная служба РФ.

Федеральная пограничная служба РФ в соответствии с Указом Президента РФ от 29 августа 1997 г. «О мерах по обеспечению охраны морских биологических ресурсов и государственного контроля в этой сфере» обеспечивает охрану биологических ресурсов территориального моря, исключительной экономической зоны и континентального шельфа Российской Федерации и осуществляет государственный контроль в этой сфере.

12) Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) осуществляет руководство и координацию работ в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями, катастрофами, в том числе радиационными, стихийными бедствиями. МЧС России действует на основе Федерального закона от 21 декабря 1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Положения, утвержденного постановлением Правительства РФ от 6 мая 1994 г.

Для реализации возложенных на него задач МЧС России организует разработку и осуществление на территории РФ мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций; руководит функционированием единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС); проводит государственный надзор за выполнением установленных нормативных требований по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, состоянием готовности органов управления, сил и средств РСЧС к выполнению неотложных работ при возникновении чрезвычайных ситуаций; руководит функционированием и развитием федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений; организует совместно с заинтересованными организациями и координирует работу по прогнозированию вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций природного и

техногенного характера, их моделированию, районированию территории РФ по наличию потенциально опасных производств, объектов и угрозы стихийных бедствий, разработке и внедрению нормативных показателей степени риска на объектах народного хозяйства и территориях.

Контрольные вопросы

1. Основные положения государственного управления природопользованием и охраны природы.
2. Характеристика органов общей компетенции в области управления природопользованием и охраны природы.
3. Охарактеризовать специальные органы государственного управления природопользования и охраны окружающей среды.
4. Характеристика функциональных органов, осуществляющих государственное управление природопользованием и охраны окружающей среды, их структура.
5. Выполняемые задачи функциональных органов в области государственного управления природопользованием.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6
Глобальные, региональные и локальные проблемы природопользования

Цель занятия: изучить понятие проблемы природопользования и её отличие от экологических проблем; перечень глобальных экологических проблем, проблем природопользования и эколого-географические проблемы.

Задание 1 Экологические проблемы при различных видах антропогенных воздействий на окружающую среду.

Задание 2 Эколого-географические проблемы, литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы, педосферы.

Экологические проблемы при различных видах антропогенных воздействий на окружающую среду

Понятие «проблема» широко используется в науке и на практике и предполагает возникновение какой-либо задачи, как правило, негативной, требующей её изучения и решения.

По мнению Б. И. Кочурова под *экологическим проблемами* понимается нарушение структуры и функционирования природных экосистем, приводящих к социальным и экономическим последствиям.

Таким образом, экологические проблемы близки по своему содержанию к проблемам природопользования.

Проблемы природопользования по данным Т. Г. Рунова, И. Н. Волкова, Т. Г. Нефедова это такая ситуация в состоянии природной среды, которая возникла в результате антропогенного воздействия и содержит опасность для здоровья людей, условий их проживания и работы, для саморазвития природных комплексов и сохранения их свойств как ресурсо- и средовоспроизводящих систем.

Основные экологические проблемы по Н. Ф. Реймерсу (табл.1).

Таблица 1

Основные экологические проблемы при различных видах антропогенных воздействий

Вид антропогенного воздействия	Экологические проблемы
Охотничье промысловое хозяйство	Б
Выпас скота	Б, П
Рубка леса	Б, П, В
Богарное земледелие	П, Б, В
Осушение	П, В, Б, Н
Орошение	П, В, Н
Гидротехническое строительство	Н, В, П, Б
Урбанизация, обрабатывающая промышленность	А, Н, В, Б, П
Транспорт	А, Н, П, Б, В
Поиск и добыча полезных ископаемых	Н, В, Б, П, А
Тепловая энергетика	А, В, Б, П

Примечание: виды воздействия расположены в порядке убывания значимости

А – загрязнение атмосферы;

Б – деградация и истощение биоты;

В – загрязнение и истощение вод, нарушение водного режима;

П – деградация и загрязнение почв;

Н – комплексное нарушение земель и разрушение локальных геосистем.

Основные экологические проблемы по Н. Ф. Реймерсу:

1) изменение климата (геофизики) Земли на основе теплового эффекта, выбросов метана и других, низко концентрированных газов (малых газовых примесей), аэрозолей, лёгких радиоактивных газов, изменения концентрации озона в тропосфере и стратосфере;

2) замусоривание и ионное загрязнение ближайшего космического пространства;

3) общее ослабление стратосферного озонового экрана, образование большой «озоновой дыры» над Антарктидой, малых «дыр» над другими регионами планеты;

4) загрязнение атмосферы с образованием кислотных осадков, сильно ядовитых и пагубно действующих веществ в результате вторичных химических реакций, в том числе фотохимических (в этом состоит одна из основных причин разрушения озонового слоя, на который воздействуют фреоны, водяные пары, вещества типа NO_x, малые газовые примеси);

5) загрязнение океана захоронением в нём ядовитых и радиоактивных веществ, насыщение его вод углекислым газом из атмосферы, поступление в него антропогенных нефтепродуктов, других загрязняющих веществ, особенно тяжёлых металлов и сложноорганических соединений, подкисление мелководий за счёт загрязнённой SO_2 и NO_x атмосферы, нарушение естественных экологических связей между океаном и водами суши в связи со строительством плотин на реках;

6) истощение и загрязнение поверхностных вод суши, континентальных водоёмов и водотоков, подземных вод; нарушение баланса между поверхностными и подземными водами;

7) радиоактивное загрязнение локальных участков и некоторых регионов, особенно в связи с эксплуатацией атомных устройств, чернобыльской аварией и испытаниями атомного оружия;

8) изменение геохимии отдельных регионов планеты (перемещение тяжелых металлов и их концентрации на поверхности Земли и др.);

9) продолжающееся накопление на поверхности суши ядовитых веществ, бытового мусора и промышленных отходов, особенно почти неразложимых и очень стойких, типа полиэтиленовых изделий, других пластмасс и т.п.; возникновение вторичных химических реакций во всех средах с образованием токсичных веществ;

10) нарушение глобального и регионального экологического равновесия, соотношения экологических компонентов, в том числе сдвиг экологического баланса между Океаном, его прибрежными водами и впадающими в него водотоками;

11) опустынивание планеты в новых регионах, расширение уже существующих пустынь, углубление процесса опустынивания;

12) сокращение площадей тропических и северных лесов, ведущее к дисбалансу кислорода и усилению процесса исчезновения видов животных и растений;

13) освобождение и образование в ходе вышеописанных процессов новых экологических ниш и заполнение их нежелательными организмами – вредителями, паразитами, возбудителями новых болезней и животных, растений и человека;

14) абсолютное перенаселение земли и относительное демографическое переуплотнение в некоторых её регионах;

15) ухудшение среды жизни в городах и сельской местности, увеличение шумового воздействия, стрессов, загрязнение воздуха промышленной деятельностью, транспортными средствами, напряжения ритма городской жизни и потеря социальных связей между людьми, возникновение «психологической усталости».

Эколого-географические проблемы, литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы, педосферы

Эколого-географическую проблему можно рассматривать как понятие, близкое к проблеме природопользования.

Эколого-географическая проблема означает появление негативных ситуаций во взаимоотношениях между организмами (человеком) и окружающей средой, имеющих пространственное выражение.

Разбирая сущность этого понятия А. Г. Исаченко понимает под ним проблемы жизнеобеспечения человечества необходимыми средствами существования, т.е. оптимальными условиями жизни и деятельности. В практическом плане основная сущность этих проблем сводится к сохранению среды обитания людей и разработке мер защиты природной среды.

В этой связи целесообразно объединить эколого-географические проблемы в пять больших групп по принадлежности к основным компонентам природной среды.

1. *Эколого-географические проблемы литосферы*

Исключительно сложный морфологически и генетически рельеф вместе с верхней частью земной коры испытал и испытывает воздействия человека, связанные с разработкой разнообразных полезных ископаемых, прокладкой дорог, со строительными работами (например, сооружение ГЭС) и с другими видами воздействий.

С эколого-географических позиций исключительно важна сама физическая поверхность Земли как универсальный интегрирующий фактор, с которым связано ключевое понятие «местоположение», рассматриваемое как ячейка географической оболочки и биосферы.

Роль рельефа сводится к возникновению направленного потока вещества, обусловленного гравитационной энергией. Усиленный человеческой деятельностью, этот поток приводит к существенным изменениям природной среды и возникновению экологических проблем.

В свою очередь, степень антропогенного воздействия с каждым годом возрастает всё быстрее и становится сравнимой с природными процессами, прокладывая принципиально новые пути перемещения вещества и энергии.

Отрицательные последствия, проявляющиеся в отраслях, опирающихся на прямое использование источников природных ресурсов, передаются в смежные отрасли, которые менее тесно связаны с природой. Этим вызываются или углубляются изменения во всех звеньях хозяйственного механизма.

Горные выработки изменяют не только ландшафты, но и протекающие в них геохимические процессы. Хорошая проницаемость отвалов приводит к миграции химических элементов и дополнительному загрязнению, вплоть до образования геохимических аномалий. В состав сопутствующих элементов большинства месторождений входят химические элементы, вредные для человека (свинец, ртуть, кобальт, цинк, кадмий).

С эколого-географических позиций необходимо получить фоновые геохимические характеристики конкретных ландшафтов (например, до уровня сложных урочищ, т.е. границ). Это позволяет интерпретировать полученные фактические материалы, проводить типизацию и районирование территории, чтобы выявить наиболее

приемлемые пути размещения горно-обогатительных фабрик, отвалов, мест сезонного или временного проживания населения.

Кроме этого, к проблемам литосферы относятся также усиление трещиноватости (нарушенность монолитности горной породы трещинами) и оседание горных пород, образование провалов.

Совершенно очевидно, что возникновение эколого-географических проблем литосферы влечёт за собой возникновение проблемных ситуаций в других компонентах природной среды, прежде всего в гидросфере.

2. *Эколого-географические проблемы гидросферы*.

Глобальный процесс ухудшения окружающей среды не обошёл стороной и водную оболочку. Возросшее антропогенное воздействие ведёт к изменению как водных запасов и гидрологического режима, так и качества воды. Уже сейчас можно связать ускорение таяния ледников с повышенной загрязнённостью их поверхности под влиянием техногенного фактора, а изменение гидрологического режима, например, с сельскохозяйственной деятельностью. Всё это ведёт к ухудшению качества воды и нарушению здоровья человека.

Генетическому анализу качества воды посвящена работа Н. И. Алексеевского (1993), в которой он вводит понятие «экологическое качество воды».

Экологическое качество воды – это совокупность определяющих пригодность водных ресурсов для конкретных видов водопользования, отражающих условия существования социально-природных систем, замкнутых на водные объекты.

Безусловно, наиболее серьёзным фактором ухудшения качества воды является химическое загрязнение, способное привести к кризисному состоянию водных объектов, а в конечном итоге и к экологическому бедствию. Но кроме химического загрязнения на качество воды влияют и такие факторы, как мутность и плотность воды, концентрация микроорганизмов, расход воды, обусловленные естественными причинами.

Таким образом, как отмечает Н. И. Алексеевский (1993), качество воды генетически связано с комплексом естественных и антропогенных факторов трансформации потока вещества различной природы в водных объектах.

Суммарный перенос вещества обозначается через формулу:

$$R = Q \bullet (pb + p + s + C + T),$$

где R – величина суммарного переноса вещества водой;

Q – расход воды;

pb – плотность воды;

p – мутность воды;

s – концентрация химических веществ;

C – концентрация микроорганизмов;

T – температура воды.

Качество воды тесно связано с количественными характеристиками, прежде всего с изменением (чаще в сторону уменьшения) суммарного стока. Снижение речного стока или сокращение запасов воды в озёрах происходит под влиянием не только антропогенных факторов. Глобальные климатические изменения также способны вызывать нарушение сложившихся систем тепло- и влагооборота в пределах крупных речных бассейнов и территорий, следствием чего может быть уменьшение или увеличение водных ресурсов.

3. *Эколого-географические проблемы атмосферы*, связанные с загрязнением атмосферного воздуха.

4. *Эколого-географические проблемы биосферы*. Это комплекс наиболее сложных проблем, большая часть которых связана с сокращением биоразнообразия и ареала видов и, следовательно, с истощением биотического потенциала Земли.

Богатым биологическим разнообразием обладают лесные ландшафты, где сосредоточено наибольшее количество видов растений и животных. Однако рубки леса нарушают не только фитоценозы, но и места обитания животных, естественный ход геохимических, гидрологических и микроклиматических и других процессов, создавая проблемные и кризисные ситуации. Они свойственны территориальным ячейкам биосферы – зональным типам и высотным поясам растительности. Если лесной пояс, обладающий большей естественной устойчивостью, страдает в основном от рубок, то остальные пояса подвержены целому комплексу антропогенных воздействий, приводящих к сокращению видового разнообразия. Сюда можно отнести выпас домашних животных, распашку земель и сенокошение, заготовку сырья пищевых и лекарственных растений, охоту и рыбную ловлю, рекреационную деятельность.

С сокращением биоразнообразия тесно связано и сокращение ареалов вида. Как известно, каждый вид пространственно размещается в соответствии со своими генетическими, физиологическими и другими биологическими особенностями и по-разному относится к факторам среды и другим видам.

5. *Эколого-географические проблемы педосферы.*

Почвенная оболочка – наиболее уязвимая оболочка Земли. Почвенный покров отличается наименьшей устойчивостью к любому воздействию, обусловленной ускорением протекания биогеохимических процессов под влиянием естественных (например, гравитационных) и антропогенных сил.

Немаловажное значение на почвенную оболочку оказывает антропогенное воздействие. Система показателей оценки устойчивости почв и ландшафтов к загрязнению разработана Б. И. Кочуровым, включающая в себя следующие показатели:

1) Степень развитости почвенного профиля. Почвы с развитым профилем наиболее устойчивы к различным воздействиям.

2) Крутизна склонов. Это важнейший фактор: с одной стороны, с увеличением крутизны склонов усиливается эрозия, с другой – благоприятствует выносу продуктов загрязнения, которые, однако, затем накапливаются в различных понижениях.

3) Каменистость. Чем она выше, тем почвы более подвержены внешним воздействиям, приводя к образованию каменистых россыпей.

4) Плотность. С уплотнением почв уменьшаются общая пористость и объём пор аэрации, снижаются скорость фильтрации и доступность воды растениям.

5) Структура почв: оструктуренная почва наиболее устойчива к различным воздействиям.

6) Механический состав: он определяет водный, воздушный и тепловой режимы и влияет на миграцию химических элементов.

7) Тип водного режима: промывной тип способствует выносу продуктов загрязнения, а при непромывном типе продукты загрязнения аккумулируются в почвенном профиле.

8) Содержание гумуса: высокогумусные почвы способны противодействовать внешним воздействиям.

9) Реакция pH: подвижность химических элементов и их соединений в различных средах существенно изменяется.

10) Ёмкость поглощения: в зависимости от количества и состава обменных ионов почвы обладают различной буферностью, следовательно, различной устойчивостью к внешним воздействиям.

11) Покрытость растительным покровом: довольно высокая самоочищающаяся способность растений – важный фактор борьбы с загрязнением.

12) Интенсивность биологического круговорота.

Б. И. Кочуров полагает, что данные показатели комплексно характеризуют устойчивость земель к загрязнению.

Эколого-географические проблемы почвенного покрова:

1) потери почвы (прежде всего гумуса) вследствие водной и ветровой эрозии;

2) наличие почв с дефицитным балансом главнейших элементов питания растений (для таких почв необходима оценка их пространственного размещения, расчёт скорости потерь гумуса, азота и фосфора);

3) изменённость кислотности и щёлочности почв, особенно в связи с развитым сельским хозяйством, развитием мелиорации, а также в районах, подверженных мощному техногенному воздействию промышленности (например, цветной металлургии);

4) изменение солевого режима орошаемых почв;

5) локальное загрязнение почв тяжёлыми металлами в зоне влияния транспорта, выброса бытовых отходов и т.д.;

6) изменение свойств почв при гидротехническом строительстве.

Контрольные вопросы

1. Экологические проблемы при различных видах антропогенных воздействий на окружающую среду.
2. Характеристика основных экологических проблем по Н. Ф. Реймерсу.
3. Раскрыть эколого-географические проблемы литосферы, гидросферы, атмосферы.
4. Охарактеризовать эколого-географические проблемы биосферы, педосферы.
5. Эколого-географические проблемы почвенного покрова.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Биологическое природопользование. Международные аспекты биологического природопользования

Цель занятия: изучить основы биологического природопользования и основные международные аспекты природопользования.

Задание 1 Биологическое природопользование.

Задание 2 Сельское хозяйство – как отрасль природопользования.

Задание 3 Международные аспекты природопользования.

Биологическое природопользование

Концепции экологов, разрабатывающих теорию природопользования, основаны на признании существования сложнейших и многообразнейших связей в природе и на необходимости их постоянного учета в практической деятельности. Недаром говорят об «экологическом мировоззрении», которым должен обладать любой специалист, любой работник сферы управления. По мнению бельгийских ученых А. Дювиньо и М. Танга (1968), современное общество должно отдавать себе ясный отчет в том, что господство жизни над физической средой обитания человечества обеспечивается, с одной стороны, разнообразием живых существ и их взаимоотношений, а с другой – координированностью биологических явлений.

«Что касается практической деятельности, то здесь экология дает возможность сформулировать определенную точку зрения и ряд принципов, позволяющих понять жизненные системы и научиться управлять ими», – констатирует Э. Макфедьен, автор известной монографии «Экология животных. Цели и методы» (1965).

При определении перспектив, характера и объема эксплуатации природных ресурсов в нормальных социально-экономических условиях приоритет имеют критерии экологического характера,

учитывающие состояние природно-ресурсного потенциала, биологического разнообразия, потребности будущих поколений и сохранение высокого качества жизненной среды.

В соответствии с экологической классификацией природных ресурсов, предложенной А.А. Минцем (1972) все природные ресурсы по исчерпаемости делятся на две группы: исчерпаемые и неисчерпаемые. К исчерпаемым ресурсам относятся не возобновляемые (все виды минерального сырья и земельные ресурсы – в трансформированном человеком виде) и возобновляемые (ресурсы растительного и животного мира).

К биологическому природопользованию следует отнести перечисленные ниже отрасли:

- сельское хозяйство (удельный вес содействия воспроизводству наиболее велик);
- лесное хозяйство (осуществляемое с соблюдением требований рациональной эксплуатации);
- рыбное хозяйство;
- охотничье хозяйство;
- заповедное дело;
- рекреация;
- торфодобывающая промышленность (отмирающая отрасль).

Целесообразно сформулировать несколько общих принципов биологического природопользования:

1) Неистощительная (вечная) эксплуатация биологических природных ресурсов.

2) Ориентация на комплексную (интегрированную) эксплуатацию различных природных ресурсов, объединенных функционально и территориально.

3) Постоянный учет мощностей и направлений энергетических потоков в эксплуатируемых сообществах и соблюдение нормативных энергетических ограничений.

4) Недопустимость уничтожения в процессе эксплуатации цельных природных сообществ и видов живого.

5) Недопущение невосполнимого ущерба биологическому разнообразию и экологической устойчивости природных и природно-хозяйственных систем.

6) Сохранение и восстановление экологической мозаики ландшафтов.

7) Гуманное (в пределах разумного и возможного) отношение к биологическим (живым) ресурсам.

8) Постоянная оптимизация структуры, площадей и размещения охраняемых природных территорий с целью предотвращения экологического ущерба, наносимого эксплуатационной сферой и поддержания экологического баланса территорий.

Для полной реализации предлагаемых принципов необходимо радикальное совершенствование современного природопользования. Имеются принципиальные, но трудно реализуемые возможности постепенного восстановления традиционного промыслового хозяйства России как части биологического природопользования (Дежкин, 1999; 2000; 2001).

Сельское хозяйство – как отрасль природопользования

При характеристике отраслей биологического природопользования общество не стремится представить их производственные показатели и выявить роль в природохозяйственном комплексе страны. Главное – экологические последствия деятельности отрасли и методы ее экологической оптимизации.

Сельское хозяйство – это комплексная отрасль биологического природопользования, в задачи которой входит рациональная эксплуатация и воспроизводство сельскохозяйственных объектов – растительных и животных. К числу объектов отрасли не относятся лесные растения и дикие животные, которыми занимаются лесное и охотничье хозяйства.

Первичная ресурсная база сельского хозяйства – естественное плодородие почв, биологическая продуктивность сельскохозяйственных растений и животных. Площади земель, преобразованных сельскохозяйственной деятельностью, называются агробиоценозами или агрофитоценозами. Сходства-отличия от коренных биогеоценозов определяются характером и глубиной преобразования.

Сельское хозяйство имеет сложнейшую структуру, распадается на множество отраслей и подотраслей с различными объектами, технологиями и, следовательно, экологическими последствиями производства. Особенно велики различия между земледелием (растениеводством) и животноводством.

Растениеводство: зерноводство, овощеводство, садоводство, хлопководство и т.д. Возможна дальнейшая дифференциация,

например, в овощеводстве выделяется картофелеводство как очень специфическая форма деятельности. У каждой формы свои технологии, по-разному сказывающиеся на агробиоценозах.

Обычные формы животноводства – разведение крупного рогатого скота, лошадей, свиней, овец, птиц; более редкие, региональные формы – верблюдоводство, яководство, разведение ослов и др.; звероводство клеточное; северное оленеводство; ранчеводство; пчеловодство. При работе с одними и теми же видами могут применяться различные технологии, например, стационарное и отгонное овцеводство, резко различные по экологическим последствиям.

Сельское хозяйство обладает мощным научным обеспечением. В него входит целый конгломерат сельскохозяйственных наук и научных дисциплин: почвоведение, общая и частная агрономия, общая и частная зоотехния, ветеринария, генетика и селекция, основы мелиорации сельхозугодий, организация и экономика сельского хозяйства и его отраслей и т.д. Этот конгломерат опирается на фундаментальные науки – биологию, физиологию, генетику, географию, экономику и другие науки. Важную роль в оптимальном функционировании сельскохозяйственного комплекса имеют экология, экономика природопользования, социология.

На протяжении 1990-х годов в аграрном секторе происходил спад производства. В 1999 г. по сравнению с 1990 г. объем продукции сельского хозяйства снизился на 41,7 процента (Петраков и Галлас, 2001). В частности, уменьшились уборочные площади, урожайность и производство зерновых культур. Если в 1993 г. на площади 60,9 млн. га было произведено 99,1 млн. т зерновых (по 16,3 ц/га), то в 1994 г. эти показатели составили соответственно 56,2 млн. га, 81,3 млн. т, 14,5 ц/га. В неурожайные 1998 и особенно в 1999 годы урожаи понизились еще больше, и в последнем году ориентировочно составили по зерновым около 50-60 млн. т. Понизилась урожайность пшеницы, ячменя, овса, проса, кукурузы (особенно сильно, почти в два раза), зернобобовых; осталась на прежнем уровне или чуть выросла урожайность ржи, гречихи, риса. В животноводстве наблюдался резкий сброс поголовья большинства видов животных.

Лишь в 1999-2000 гг. достигнута некоторая стабильность и отмечен небольшой рост продукции сельского хозяйства: в 1999 г. на 4,1, в 2000 г, на 4,5 процента (Петраков, Галлас, 2001). Хоро-

ший урожай зерновых культур на значительной части территории России в 2001 году, возможно, объясняется благоприятными погодными условиями.

Жан Дорст (1968) писал: «Рациональное использование земель – это одна из основных проблем, от разрешения которых зависит будущее человечества. На протяжении многих тысячелетий человек трудился над изменением естественных местообитаний, стремился полностью преобразовать их, руководствуясь только своей выгодой. Такое воздействие человека на природу повлекло за собой немалое число тяжелых ошибок... Преобразование природного местообитания в целях возделывания земель или хотя бы создания пастбищ всегда вызывает упрощение экосистемы и сокращение цепей питания со всеми вытекающими отсюда последствиями».

Влияние сельскохозяйственных технологий на окружающую природную и полуприродную среду можно иллюстрировать на тысячах примеров. Каждая из технологий или ее разновидностей имеет свои экологические последствия. Здесь мы приводим эту информацию в очень обобщенном виде.

Растениеводство является одним из важнейших источников продовольствия для человека и кормов для скота. За обозримое время биологическая продуктивность растениеводства увеличилась в среднем в 10 раз. Польза и эффективность этой формы человеческой деятельности несомненны. Экологические последствия растениеводства заключаются прежде всего в глубокой трансформации огромных площадей естественных, первичных экосистем в искусственные и полуприродные системы, агробиоценозы. Вследствие этого резко уменьшилась площадь лесных земель и степей, вплоть до полного уничтожения их на обширных площадях.

Происходит постоянное изъятие с сельскохозяйственных угодий огромной биомассы растений – с выращенным урожаем, съеденной домашними животными травянистой массой и т.д., причем с навозом и другой органикой ныне возмещается лишь часть убыли. Коренным образом меняется круговорот вещества и энергии в сельскохозяйственных ландшафтах. Сельскохозяйственная деятельность приводила и приводит к вытеснению и уничтожению огромного числа видов и подвидов диких животных и растений, в т.ч. полезных для человека. Особенно сильно это явление развито на массивах монокультур.

Избыточные механизация, химизация, концентрация сельскохозяйственного производства – лозунги недавних дней – приводят к отравлению природной среды, уплотнению почв и разрушению их структуры, уничтожению полезной почвенной фауны. Неумеренное увлечение гидромелиорацией вызвало заболачивание сельхозугодий, засоление почв, общее ухудшение гидрологического режима открытых ландшафтов, вытеснение массы полезных форм диких растений и животных.

Опаснейшим бедствием стала эрозия почв: водная, ветровая, химическая. Площадь пашни, подверженной ветровой эрозии, превысила 80 млн. га (64% общего пашенного фонда страны). Ежегодно эта цифра увеличивается на 0,4-0,5 млн. га, потери плодородного слоя составляют 1,5 млрд. т. Вымывается огромное количество химических веществ почвы.

Животноводство способствует трансформации биомассы «бесполезных» растений в ценнейшие продукты – мясо, молоко, жир, кожевенное сырье, шерсть и т.д., вовлекает в рациональный хозяйственный оборот миллионы гектаров естественных травянистых сообществ, фитоценозов. В этом его огромное позитивное значение для человечества. Если говорить об отрицательных экологических последствиях, то надо вспомнить о преобразовании части ценных естественных экосистем в полуприродные, о глубоких изменениях растительного и животного мира пастбищ и сенокосов, стравливании и гибели пастбищ, разрушительной пастбищной эрозии и т.д.

Необходимо помнить и об опосредованных сельскохозяйственных воздействиях. Сельское хозяйство, и растениеводство, и животноводство, требуют серьезного материального и технического оснащения – различнейшими механизмами, горюче-смазочными материалами, нуждаются в больших затратах энергии, химических веществ. Для того чтобы удовлетворить эти потребности, необходимы новые шахты, рудники, нефтепромыслы, заводы, электростанции, которые занимают значительные площади природных территорий и интенсивно загрязняют их.

Сельское хозяйство является одним из главных потребителей воды. В 1997 году им бвлоиспользовано 12,6 млрд. кубометров свежей воды. Объем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения составил 760,72 млн. кубометров, сброс загрязненных сточных вод – 3264,2 млн. кубометров. Предприятия сельско-

го хозяйства выбросили в атмосферу свыше 25,58 тыс. т загрязняющих веществ.

Анализируя деятельность сельского хозяйства за советский период, можно обнаружить около 10 крупномасштабных мероприятий, заслуживающих названия антиэкологических. Часть из них относится непосредственно к сельскохозяйственному производству, часть имеет более широкий характер, но экологические последствия их отрицательны. К ним относятся:

1) Коллективизация 30-х годов. Главные последствия имели социальный характер, но были и отрицательные экологические последствия: укрупнение экологической мозаики, ликвидация мелкоконтурности посевов, меж, вырубов, хуторов, вынужденный отказ переселенных крестьян от традиционных методов ведения хозяйства и т.д.

2) Укрупнение землепользований, объединение колхозов. Продолжены тенденции в землепользовании, начатые коллективизацией. Жители многих сельских поселений «отделены» от земли и перестали заботиться об ее благополучии.

3) Увлечение монокультурами зерновых культур, картофеля, свеклы, табака и т.д. Уменьшение вследствие этого плодородия почв и биоразнообразия сельских ландшафтов.

4) Ликвидация «бесперспективных» населенных пунктов, вселение сельских жителей в относительно немногие поселки – антиэкологическое мероприятие с колоссальными отрицательными последствиями, «обрубившее» саморегулирующуюся экологическую периферию России и похоронившее многовековой труд миллионов людей, освоивших ее. Традиционно сложившееся расселение людей, соответствовавшее экологическим возможностям местности, было разрушено, особенно в Нечерноземье. Возникли места чрезмерной концентрации людей и производства и многочисленные "антропогенные выбоины".

5) Односторонняя интенсификация производства. Неразумное увеличение мощностей сельхозмашин и тракторов, не соответствующих возможностям земли. Уплотнение почв, потеря ими естественной структуры, устойчивости и плодородия.

6) Неумеренная химизация производства (одна из форм интенсификации). Вследствие избыточного и неграмотного применения пестицидов произошло изменение состава почв, снижение их плодородия вплоть до полной стерильности. Эвтрофикация во-

доемов смытыми удобрениями. Кумулятивное действие ядохимикатов, сказывающееся на здоровье людей и состоянии животного мира.

7) Подъем целины. В Казахстане и на юге Западной Сибири было распахано свыше 40 млн. га почв, в т.ч. около половины легких, подверженных эрозии. Уничтожены огромные площади степей – естественных местообитаний полезных растений и диких животных, пастбищ овец. Уничтожено и распахано по урез воды множество степных водоемов. Возникло «царство сорняков», дающих один урожай в несколько лет. Уничтожена целая ландшафтно-географическая зона страны, нанесен огромный ущерб биоразнообразию. Велось насильственное возвращение в сельхозоборот «местной целины», малопродуктивных земель, практически непригодных для сельского хозяйства.

8) Гидромелиорация. Из 40 с лишним видов полезных мелиораций был выбран один, требующий наибольших капиталовложений, очень материалоемкий, охвативший миллионы гектаров сельскохозяйственных угодий. Вследствие этого заболочены сотни тысяч гектаров плодородной почвы, уничтожены тысячи естественных полевых водоемов со всей их флорой и фауной, "спрямлены" проточные водоемы и осушены плодородные поймы. Чрезмерные осушительные работы сопровождались нарушением температурного режима почвы и общим ухудшением гидрологической ситуации.

9) Интенсификация животноводства. Нарушен принцип: поголовье скота в регионах должно в основном соответствовать наличию местных кормовых ресурсов. При концентрации огромного количества домашних животных в бетонных сооружениях не учитывалась их физиология и этология, вследствие чего животные заболевали ревматизмом, маститами и другими болезнями. Возникла парадоксальная "проблема навоза", который стал накапливаться в угрожающих количествах в местах содержания животных. Загрязнялся сельскохозяйственный ландшафт.

Антиэкологические ошибки, допущенные нашим сельским хозяйством, не являются неизбежно присущими этому виду человеческой деятельности.

Основные требования по экологической оптимизации сельского хозяйства сводятся к следующему:

1) объективная экономическая оценка земли, других компонентов биосферы, составляющих ресурсную базу сельского хозяйства, включение эколого-экономических показателей в обоснование себестоимости продукции и рентабельности отрасли;

2) размещение сельскохозяйственного производства в соответствии с региональными экологическими условиями и традициями населения;

3) сохранение и восстановление зонального принципа ведения сельского хозяйства;

4) отказ от преобладания монокультур, введение научно обоснованных севооборотов;

5) умеренная специализация и концентрация, использование комплексных методов хозяйствования;

6) использование интегрированных методов борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Лесное хозяйство – как отрасль природопользования

Лесное хозяйство – одна из ведущих отраслей природопользования, распространяющая свое сильнейшее влияние на огромные территории страны (к землям лесного фонда относятся около 830 млн. га). От его состояния во многом зависит весь природный комплекс, вся система эксплуатации естественных возобновимых природных ресурсов. Прежде чем перейти к определению лесного хозяйства, целесообразно с позиций экологии посмотреть, что представляет собой лес. Как известно, это отнюдь не простое скопление деревьев и кустарников, а сложный природный организм. Имеется несколько определений леса как сообщества. Лес – это:

- природный комплекс, состоящий из древесных растений одного или многих видов, растущих близко друг от друга (образующих более или менее сомкнутый древостой), и множества других организмов разных царств вместе с почвами, подпочвами, поверхностными водами и прилежащим слоем атмосферы;

- один из основных типов растительности, состоящий из совокупности древесных, кустарниковых и других растений (мхи, лишайники), включающий животных и микроорганизмы, биологически связанные в своем развитии и влияющие друг на друга и окружающую среду.

Иными словами, лес представляет собою сложную и многофункциональную природную систему, состоящую из взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов.

Лесное хозяйство – отрасль биологического природопользования, задачей которой является рациональная эксплуатация, охрана и воспроизводство ресурсов леса. Разумная и целесообразная деятельность лесного хозяйства возможна только в том случае, если она учитывает три основные функции леса:

1) *Биосферная функция*: синтез органического вещества, участие в биологическом круговороте вещества и энергии, продуцирование кислорода и поглощение углекислого газа, формирование почв, участие в регулировании водного стока, климатообразующие свойства, создание среды обитания для животных и микроорганизмов.

2) *Экономическая функция*: продуцирование экономически значимых сырьевых продуктов – древесных, пищевых, лекарственно-технических и др. (с производными – до 20 тыс. продуктов). Положительное влияние на экономические показатели смежных территорий.

3) *Социальная, социально-гигиеническая функция*: укрепление здоровья человека, улучшение среды его обитания, предоставление возможностей рекреации, удовлетворение эстетических потребностей.

Коренным недостатком современного лесного хозяйства является то, что оно в своей деятельности нацелено в основном на использование лишь одной функции леса – экономической. Биосферная и социальная функции существуют спонтанно и почти не учитываются в планах деятельности этой отрасли природопользования.

Процент лесистости в целом по России составляет 44,7%, общий запас древесины в лесах - 80,68 млрд. кубометров, в т.ч. спелых и перестойных насаждений – 44,11 млрд., из них хвойных пород - 35,31 млрд. кубометров.

Главной ресурсной основой лесного хозяйства является прирост первичной продукции - биомассы лесных растений, преимущественно – древесных. Вторичное лесопользование имеет свои дополнительные ресурсные источники.

Научное обеспечение отрасли осуществляют прикладные науки – лесоведение, лесоводство, лесозаготовки, лесомелиорация,

экономика и организация ведения лесного хозяйства. Они опираются на фундаментальные науки – биологию, географию, климатологию, экономику и т.д., а также на экологию, экономику природопользования, ресурсоведение.

Лесное хозяйство многофункционально. Оно подразделяется на первичное лесопользование, связанное с эксплуатацией различной древесной продукции, и вторичное, к сфере которого относятся подсочка деревьев, раскорчевка пней, выпас скота в лесу, заготовка сена, выращивание сельхозпродукции, сбор ягод, грибов, орехов, заготовки лекарственно-технической продукции, ведение охоты и рыбалки на лесных землях, пчеловодство и т.д. Идеологи лесного хозяйства нередко пытаются использовать в ведомственных целях нахождение на его землях ресурсов, имеющих основных пользователей, и извлечь из этого экономическую выгоду. Интегрированное лесопользование целесообразно лишь на вневедомственной основе.

Наибольшие противоречия связаны с первичным лесопользованием. В российском обществе всегда были сильны настроения против рубок леса, что находило выражение в произведениях А. Чехова, Л. Леонова и других. Правота подобных настроений подтверждается фактами массового уничтожения лесов. Однако правильные, научно обоснованные рубки являются, по выражению классика русского лесоведения Г. Морозова, синонимом восстановления леса. Он писал: "Лес – это сложное общежитие разнообразных организмов, объединенных общностью условий жизни. Это саморегулирующееся и самовозобновляющееся растительное сообщество, которое живет и развивается по присущим ему законам. В своей практической работе человек не может не считаться с этим".

Считаться с особенностями лесной экосистемы – значит понимать возрастные особенности ее динамики. Молодой лес обладает высокой энергией роста и «стремится» набрать большую биомассу, увеличить свою устойчивость по отношению к внешним воздействиям. Чем больше возраст леса, тем выше его биомасса и ниже темпы прироста. В климаксовой фазе естественной сукцессии лес имеет наивысшую биомассу, высокую стабильность, но почти перестает расти. Он хорош эстетически, имеет большое природоохранное значение, но экономически очень уязвим, поскольку почти не дает добавочной древесной продукции. Кроме

того, в следующих стадиях естественной сукцессии возможен распад лесных сообществ. В интересах человека вмешаться в эти процессы и на определенной части территории омолодить лес, вызвав искусственно увеличение биологической продуктивности. Это достигается при помощи грамотных рубок, вызывающих антропогенную сукцессию насаждений. Рубки должны иметь системный характер и содействовать гармоничному лесовозобновлению.

Именно этот подход был заложен в теорию неистощительного, вечного лесопользования, сформулированную классиками отечественного лесоведения. Он предусматривал определенную организацию лесного хозяйства, при которой лесопользование приобретало непрерывный стационарный характер. При значительных первичных вложениях на организацию такой системы, в будущем она требовала гораздо меньших производственных и социальных затрат. Лесная природная среда не разрушалась, сохраняла свои достоинства. К сожалению, за многие десятилетия принцип неистощительного природопользования в российском лесном хозяйстве по разным причинам реализован не был.

На первом месте по хозяйственному значению и по экологическому воздействию на лесную биоту находятся рубки главного пользования, подразделяемые на три группы: сплошнолесосечные, выборочные и постепенные. Сплошные рубки, по выражению специалиста лесного хозяйства Р. Боброва, полностью убивают живой механизм леса. Случается, что после такого потрясения природа долго не в состоянии возобновить жизнь на обезображенной площади. По окончании сплошных рубок лесосеки нередко заболачиваются или земля на них покрывается толстой дерниной, сквозь которую древесным росткам уже не достичь живительных почвенных слоев. Порою после таких рубок начинаются эрозионные процессы, камнепады, размывы, оползни. Усугубляет последствия сплошных концентрированных рубок интенсивное применения мощной лесорубочной и лесоуборочной техники. Она почти полностью уничтожает подрост – залог появления будущего леса.

Р. Бобров, как и другие лесные специалисты, считает, что во многом меняет положение применение постепенных рубок, при которых в 1,5 раза сокращается срок выращивания нового лесного урожая, и при этом экономятся средства на лесовосстановление, на уход за молодым лесом. Большое значение для формирования продуктивных лесных насаждений имеют рубки ухода, промежу-

точные, санитарные рубки. Комплексные рубки сочетают на одном участке леса рубку главного пользования и рубки ухода.

К 1998 г. («год дефолта») произошел беспрецендентный для всей истории России (да и других стран) обвальный спад производства в лесном секторе: по заготовке деловой древесины и производства пиломатериалов – в 4 раза, целлюлозы – в 2,3 раза, бумаге и картону соответственно в 2,1 и 2,7 раза по сравнению с 1990 г.

«В 1999-2000 гг. наметился рост объема производства некоторых видов продукции, однако он еще не дает оснований для выводов о выходе лесного хозяйства из кризиса. Два важнейших фактора мешают этому: критическая степень изношенности основных фондов и несбалансированность структуры лесопромышленного комплекса относительно потребителей его продукции». Происходило изменение организационных форм лесопользования.

Лесовосстановительные мероприятия призваны способствовать восстановлению вырубленных лесов. В 1999 г. в России работы по лесовосстановлению проведены на площади 867 тыс. га, в том числе: посев и посадка леса на 226,9 тыс., га, меры содействия на 640,1 тыс.га.

Не способствуют комплексному подходу к формированию и использованию лесов обширные гидромелиоративные мероприятия, проводимые ради осушения земель и повышения продуктивности насаждений. Они обедняют лес, лишают условий обитания многих водных и околоводных животных.

Из числа очень нежелательных с природоохранных, экологических позиций действий лесного хозяйства необходимо упомянуть молевой сплав леса, который за десятилетия буквально уничтожил, вывел из строя множество лесных водоемов, в т.ч. рыбохозяйственных, нерестовых. Дно таких рек буквально "вымощено" слоями утонувших деревьев, меняющих их характер и химизм воды.

Вторичные лесопользования и их воздействие на лесную среду требуют самостоятельного и обстоятельного рассмотрения. Экономически они чрезвычайно важны, а экологически противоречивы. Следует отметить, что многоцелевая эксплуатация ресурсов, имеющихся на лесных землях, создает необходимые предпосылки для комплексного ведения лесного хозяйства, что является одним из условий его рентабельности, сохранения богатой лесной

среды, но осуществляться эта эксплуатация должна очень продуманно, на основе уже упоминавшихся выше принципов комплексного природопользования. К сожалению, ресурсы вторичного лесопользования в значительной мере недоосваиваются. По данным Госдоклада, в 1997 году «основной потенциал недревесных растительных ресурсов в лесах России не вовлечен в хозяйственное использование, и объем заготовок недревесной растительности составляет менее 1% имеющихся запасов» Речь идет о сотнях тысячах и миллионах тонн кедровых орехов, грибов, дикорастущих ягод и других лесных "даров природы", которые при должной организации производства и заготовок могли бы попасть на стол человека.

В целом специалисты констатируют, что в 21 веке в лесном хозяйстве России происходит нежелательная массовая смена пород, истощение высокопродуктивных лесов, обеднение и потеря многих недревесных ресурсов. В общем балансе лесного фонда продолжается процесс суженного воспроизводства со снижением многоресурсного потенциала леса.

Основные экологические последствия функционирования лесного хозяйства сводятся к следующему.

1) изъятие и перенос огромной биомассы, изменения интенсивности биологического круговорота, потоков вещества и энергии;

2) изменение состава, структуры и функций лесных экосистем;

3) уменьшение стабильности лесных экосистем;

4) перевод лесных экосистем на более ранние стадии сукцессии (антропогенной), стимулирование биологической продуктивности экосистем в местах разумного лесопользования;

5) влияние на гидрологический режим территории, усиление поверхностного стока на лесосеках, обмеление, механическое и химическое загрязнение лесных водоемов;

6) развитие эрозионных процессов;

7) заболачивание части вырубок;

8) захламление лесосек, появление больших количеств гниющей биомассы, создание условий для размножения вредящих лесу организмов;

9) увеличение пожарной опасности и горимости лесов, особенно – монокультур хвойных пород;

10) глубокие изменения в составе, распределении, численности и функциях животных всех систематических групп;

11) многочисленные и противоречивые последствия различных видов вторичного лесопользования.

Конечно же, не все экологические последствия деятельности человека в лесу заслуживают лишь отрицательной оценки; увеличивается продуктивность части насаждений, создается экологическая мозаика, происходит выгодная для человека замена некоторых форм растений и животных – не говоря уже об огромном количестве полезнейшей и разнообразнейшей продукции, получаемой с лесных земель.

Перечень мероприятий по экологической оптимизации:

1) объективная экономическая оценка ресурсов лесного хозяйства на основе современных методик, использование эколого-экономических показателей для обоснования производственных процессов;

2) Постепенный переход на постоянное неистощительное лесопользование;

3) использование только экологически приемлемых форм рубок леса;

4) ориентация на смешанные (разнопородные, разнополнотные, разновозрастные) насаждения, отказ от монокультур или сведение их к минимуму;

5) постепенный перевод отрасли на принципы и методы комплексного, интегрированного пользования, обязательный учет в деятельности всех трех основных функций леса.

Конференция в Рио-де-Жанейро в 1992 г. приняла специальное Заявление о принципах в отношениях лесов, которое, в сущности, можно считать своеобразной мировой программой лесохозяйственной деятельности, программой отношения к лесам. В нем, в частности, сказано: "Леса следует использовать таким образом, чтобы удовлетворять социальные, экономические, экологические, культурные и духовные потребности современного и будущего поколений".

Международные аспекты природопользования

Человечество переживает решающий момент своей истории, – говорилось на Международной конференции в Рио-де-Жанейро.

Мир столкнулся с проблемами усугубляющейся нищеты, голода, болезней, неграмотности и продолжающейся деградации экологических систем, от которых зависит наше благосостояние. Неравенство между богатыми и бедными сохраняется. Единственный способ обеспечить себе более безопасное, более процветающее будущее – это решение проблем окружающей среды и экономического развития в комплексе и согласованным образом. Мы должны удовлетворять основные нужды людей, повышать уровень жизни для всех, и в то же время лучше защищать и охранять экологические системы. Ни одна страна не может добиться такого будущего в одиночку, но мы можем добиться его совместными усилиями в рамках всемирного сотрудничества в целях устойчивого развития.

Государственное устройство становится узким для решения многих глобальных проблем. Их надо решать в рамках единого и общего для всех землян «надгосударства» – биосферы. К числу таких глобальных проблем относятся:

- самая главная и опасная – нарушение биосферных циклов вещества и энергии;
- привнесение в биосферу массы посторонних и опасных для нее веществ;
- угроза необратимого разрушения коренных экосистем и биосферы в целом;
- изменение планетарного климата вследствие развития парникового эффекта;
- угроза повышения уровня мирового океана и подтопление материков;
- прогрессирующее загрязнение мирового океана и разрушение его экологических систем;
- разрушение озонового слоя Земли;
- трансграничные переносы опасных атмосферных загрязнений, угроза состоянию окружающей среды сопредельных государств;
- угроза распространения радиоактивного загрязнения планеты;
- уничтожение "легких Земли" – тропических лесов;
- прогрессирующее истощение многих видов минеральных ресурсов, в которых нуждаются все страны;

- усугубляющееся неравенство производства и потребления в развитых странах, развивающихся странах и странах третьего мира.

Решение этих проблем для отдельных государств, даже самых развитых, непосильно, оно требует международных усилий. Объединение экологических усилий на интернациональном уровне является задачей особой науки – экополитологии. Как считает норвежский экополитолог Д. Айлиф, чтобы сохранить в международных масштабах продуктивность живой природы, ее разнородность, обеспечивающую стабильность системы, необходимо, в числе прочих мероприятий, признать необходимость политического урегулирования конфликтов между использованием и охраной природной среды, решая, таким образом, международные противоречия в этой сфере.

Хорошие итоги может дать опора на концепцию всеобщей (всемирной) безопасности, провозглашенной в начале 90-х годов. Она включает в себя пять частей: политическую, военную, экономическую, гуманитарную и экологическую безопасность. Хотя все компоненты имеют отношение к обсуждаемой проблеме, нас в большей мере интересует пятая.

Концепция экологической безопасности выдвинута советскими учеными. Основная её цель – гармонизация отношений общества и природы. Есть основания рассматривать экологическую безопасность как одну из приоритетных задач, решению которой должны быть подчинены политическая, военная, хозяйственная, культурная и иные виды деятельности человечества (вспомним об экологическом императиве акад. Н. Н. Моисеева). Экологическая безопасность по своему содержанию выше традиционного понятия национальной безопасности. Она провозглашается в интересах всего человечества и может быть только всеобщей, мировой... Глобальная экологическая безопасность – одна из новых общечеловеческих потребностей, необходимость удовлетворения которой признают широкие круги общественности большинства стран. Она входит в качестве важнейшего компонента в систему условий, обеспечивающих конструктивное взаимодействие государств.

Первая известная международная природоохранная конференция (по охране лососей бассейна Рейна) была проведена в 1885 г. в Берлине. Ее итогом явилось заключение соответствующей конвенции. В 1895 г. в Париже состоялась Международная конфе-

ренция по охране птиц. Из числа последующих чрезвычайно – в общей сложности – многочисленных международных форумов следует упомянуть: 1948 г., Фонтенбло, Франция – организация международного союза охраны Природы (МСОП); 1972 г. – Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде; 1974 г., Вашингтон – принятие Конвенции о Международной торговле видами дикой флоры и фауны; 1982 г. – публикация Всемирной Стратегии Охраны Природы; 1992 г., Рио-де-Жанейро – Конференция ООН по окружающей среде.

В настоящее время в мире действуют несколько правительственных организаций и множество международных неправительственных экологических и природоохранных организаций:

▪ программа Организации Объединенных Наций по Окружающей Среде (ЮНЕП). Создана в 1972 г., штаб-квартира в Найроби, Кения;

▪ Организация Объединенных Наций по вопросам образования и культуры (ЮНЕСКО). Создана в 1946 г., штаб-квартира в Париже;

▪ программа ЮНЕСКО Человек и биосфера (МАВ). Учреждена в 1971 г., штаб-квартира в Париже.

Кроме того, в области охраны природы работают Совет Европы, Европейское сообщество, Европейская экономическая комиссия, Сообщество северных стран, Охрана арктической флоры и фауны.

Международные неправительственные организации:

- Международный Союз Охраны Природы (МСОП). Образован в 1948 г., штаб – квартира в Гланде, Швейцария.

- Международный Фонд Дикой Природы (ВВФ). Образован в 1961 г., штаб-квартира в Гланде, Швейцария.

- Международный ФОНД по Охране Диких животных (МФОДЖ). Старейшая организация, создана в 1897 г., штаб-квартира в Нью-Йорке.

- Международный Совет по Охране Дичи (МСООД). Создан в 1930 г., штаб-квартира во Франции, в Париже.

- Международный Зеленый Крест (МЗК). Молодая организация, создана в 1993 г., штаб-квартира в Гааге. Президент – М. С. Горбачев.

Из числа многочисленных прочих неправительственных организации следует упомянуть "Гринпис", в котором огромный и не-

поддельный энтузиазм подчас сочетается с излишней эмоциональностью и недостаточным профессионализмом.

Российские филиалы (отделения, представительства) имеют МСОП, ВВФ, Гринпис, «Зеленый крест» и др.

В настоящее время международное сотрудничество осуществляется в рамках многочисленных программ, имеющих глобальный, региональный, межгосударственный характер. Наибольшее внимание экологов привлекают следующие программы.

• Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция). Заключена в 1971 г., в Рамсаре, Иран. Штаб-квартира в Гланде, Швейцария. Участвует свыше 60 стран, в т.ч. Россия. Постановлением Правительства России № 1050 от 13 сентября 1994 г. список водно-болотных угодий России, имеющих международное значение, был увеличен с трех до 35 угодий.

• Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС). Принята в 1973 г. в Вашингтоне, вступила в действие с 1 июля 1975 г. Штаб-квартира в Женеве. Участвуют 110 государств, включая Россию. Наиболее угрожаемые виды, торговля которыми ведет к их уничтожению, вносятся в Приложение I СИТЕС. Коммерческая торговля такими видами не разрешается. Экспорт, импорт, реэкспорт допускаются в исключительных случаях, в соответствии со строго регламентированными процедурами. Виды, подверженные риску уничтожения, если торговля ими не будет контролироваться, вносятся в Приложение II СИТЕС. Торговля видами Приложения III СИТЕС регулируется в соответствии с юрисдикцией стран, предложивших ограничения на эти виды.

• Конвенция о биологическом разнообразии. Принята в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро. Ратифицирована 63 странами и вступила в действие 29 декабря 1993 г. Российской Государственной Думой ратифицирована в 1995 г. Основная цель Конвенции – сохранение в глобальных масштабах биологического разнообразия, а именно – всего живого на генетическом, видовом и экосистемном уровнях. Для России разрабатана национальная генеральная стратегия сохранения биоразнообразия.

Существует и развивается международное право окружающей среды. Его основные принципы: принцип неотъемлемого государственного суверенитета над своими природными ресурсами; принцип не причинения ущерба окружающей среде за пределами юрисдикции государства. В Стокгольмской декларации (1972) эти принципы объединены: "В соответствии с Уставом ООН государства имеют суверенное право разрабатывать свои собственные ресурсы согласно собственной политике в области окружающей среды и несут ответственность за обеспечение того, чтобы деятельность в рамках их юрисдикции или контроля не причиняла ущерба окружающей среде других государств или районов за пределами действия национальной юрисдикции."

Помимо этого, применяются специальные принципы:

- обязательного обмена государственной информацией в случае предполагаемого проведения какого-либо эксперимента или деятельности, потенциально опасной для окружающей среды;
- взаимных консультаций по поводу осуществляемой государствами экологически опасной деятельности;
- оценки трансграничных экологических последствий планируемой деятельности (система оценки разработана в рамках ЮНЕП);
- экологически безопасного развития (обязанность государств сохранять те экосистемы, которые необходимы для нормального функционирования биосферы).

Контрольные вопросы

1. Понятие биологического природопользования.
2. Охарактеризовать сельское хозяйство как отрасль природопользования.
3. Особенности лесного хозяйства как отрасли природопользования.
4. Раскрыть перечень мероприятий по экологической оптимизации.
3. Международные аспекты природопользования.

Рекомендуемая литература

1. Страхова, Н.А. Экология и природопользование: учебное пособие./Н.А. Страхова, Е.В. Омельченко. / - [Текст]. Ростов на-Дону. Издательство: «Феникс», 2007.- 252 с.

2. Дрогомирецкий, И.И. Охрана окружающей среды /И.И. Дрогомирецкий, Е.Л. Кантор. / - [Текст]. – Ростов. Издательство: «Феникс», 2010. – 394 с.

3. Тупикин, .И. Общая биология с основами экологии и природоохранной деятельности: учебное пособие. - [Текст]. Издательство «Академия», 2012. – 384 с.

4. Блинов, Л.Н. Экологические основы природопользования. /Л.Н. Блинов, И.Л. Перфилова, Л.В. Юмашева. / - [Текст]. Издательство: «Дрофа», 2010. – 208 с.

5. Колесников, С.И. Экологические основы природопользования. - [Текст]. Издательский дом «Дашков и К», 2010. – 303 с.

6. Сорокин, Н.Д. Охрана окружающей среды на предприятии. - [Текст]. СПб: ВИС, 2009. – 695 с.

7. Галай, Е.И. Использование природных ресурсов и охрана природы. - [Текст]. Издательство «Амалфея», 2008. – 252 с.

8. Правовые формы использования природных ресурсов. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/law.

9. Природные ресурсы и экология. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://list.priroda.ru.

10. Экологический мониторинг. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ecomonitoring.report.ru.

11. Природные ресурсы. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://old.priroda.ru.

Оглавление

Предисловие 3
Занятие №1
Основные термины и определения основ природопользования и охраны природы. Методы исследований 5
Занятие №2
Виды природопользования 16
Занятие №3
Исторические формы охраны природы 31
Занятие №4
Природа как материальная основа природопользования 39
Занятие №5
Государственное управление природопользованием и охраной окружающей среды 52
Занятие №6
Глобальные, региональные и локальные проблемы природопользования 73
Занятие №7
Биологическое природопользование и её международные аспекты 82
Рекомендуемая литература 102