

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»**

ЭКОЛОГИЯ

краткий курс лекций

Направление
35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура

Профиль подготовки
Аквакультура

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Саратов 2016

УДК 574
ББК 34
П 88

Рецензенты:

Профессор, д.м.н. профессор кафедры «Земельного и экологического права» ФГБОУ
ВПО «СГЮА»
Махонько Н.И.
доцент, к.в.н. кафедры «Микробиологии, биотехнологии и химия»
СГАУ им. Н.И. Вавилова
Смутнев П.В.

Г15 **Экология:** краткий курс лекций для бакалавров I курса направления
35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» / Сост.: И.А. Ерофеева //
ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 59с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Экология» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для бакалавров I курса направления 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам экологии. Рассмотрены вопросы: структура современной экологии, связь экологии с другими науками, а также задачи экологии применительно к деятельности студента конкретного направления. Курс направлен на формирование у студентов знаний об основных экологических закономерностях, на применение этих знаний для понимания процессов, происходящих в природе, для решения экологических проблем.

УДК 574
ББК 34

© И.А. Ерофеева, 2016
© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

Введение

Экология – один из сравнительно молодых и бурно развивающихся разделов биологии – изучает взаимоотношения организмов между собой и со средой обитания. Взаимодействие организмов со средой рассматривает каждая биологическая наука. Экология затрагивает лишь ту его сторону, которая обуславливает развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику популяций, и сообществ.

Краткий курс лекций по дисциплине «Экология» предназначен для студентов направления 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура». Раскрывает основные законы экологии, на которых базируются все экологические научные и прикладные дисциплины, включает в себя введение в общую экологию, знакомит с содержанием, предметом и задачи экологии, методами экологических исследований, а также основными природными формированиями, - от популяций до биомов. Курс нацелен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и организации профессиональной деятельности на основе глубокого понимания законов функционирования экосистем.

ЛЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

1.1. Предмет экологии

XVIII-XIX вв. были временем появления тех ростков экологии, которые пышно расцвели в следующем столетии. В эти ходы формируются представления об адаптациях (приспособлениях) организмов к условиям среды, зарождаются идеи популяционной экологии и представления о биогенном круговороте веществ (экосистемный подход). Зарождение экологии связано с рядом крупных исторических фигур, которые создали предпосылки для ее расцвета в XX в.

К. Линней (1707-1778) - великий натуралист, посвятивший свою жизнь идее создания системы знаний о разнообразии живых организмов. При описании видов Линней указывал на их связь с условиями среды и сведения о распространении, т. е. был одним из первых аутэкологов. В работах Линнея упоминаются растительные сообщества, которые позднее будут использоваться как маркеры границ экосистем.

Ж.Б. Ламарк (1744-1829) - выдающийся биолог-эволюционист, который сформулировал представление об адаптациях — приспособлениях организмов к условиям среды. С именем Ламарка связаны истоки концепции биосферы как «глобального результата» переработки организмами неорганического вещества. Ламарк призывал к изучению законов, по которым живет природа, и считал, что человек наносит себе (и природе) зло именно потому, что не знает или игнорирует эти законы.

А. Гумбольдт (1769—1859) — великий путешественник, внесший вклад в аутэкологию, развив представления Теофраста о жизненных формах и о климатической зональности. Вслед за Ламарком, хотя, видимо, и без влияния его идей, Гумбольдт пришел к понятию биосферы. Он писал о необходимости построения целостной картины мира. Процесс познания природы, по его мнению, может быть достигнут лишь путем объединения знания о всех явлениях и существах, которые предлагает поверхность Земли, поскольку «в этой грандиозной последовательности причин и эффектов ничто не может быть рассмотрено в изоляции» (Humboldt, 1807, цит. по: Гиляров, 1999).

Ч. Дарвин (1809-1882) - вклад этого выдающегося английского естествоиспытателя в историю экологии вряд ли нуждается в доказательстве. Опираясь на идеи Мальтуса, он создал учение об естественном отборе, который исключает перенаселение в природе за счет дифференцированного выживания и размножения особей и одновременно служит основным механизмом адаптации организмов к условиям среды. Дарвин объяснил отличие естественного отбора от искусственного отбора, который человек ведет исходя из полезности для себя растений и животных. В итоге искусственного отбора культурные растения и животные теряют свою приспособленность к жизни в естественных условиях, оказываются обреченными на сосуществование с человеком и, как правило, не могут вернуться в дикую природу.

Э. Геккель (1834-1919) - как уже отмечалось, ему принадлежит термин «экология». Кроме того, Геккель интуитивно подошел к понятиям экологической ниши и пищевой цепи и, в частности, описал цепь «пальмы - насекомые - насекомоядные птицы - хищные птицы - клещи - паразитические грибы». Геккелем был предложен и термин «бентос».

В.В.Докучаев (1846-1903) - рассматривал природный феномен почв как результат взаимодействия комплекса факторов почвообразования, главными из которых являются климат, растительность и материнская порода. По существу Докучаев подошел к трактовке почвы как основного элемента экосистемы. С его именем связано рождение генетической классификации почв, отражающей явления широтной зональности и вертикальной поясности, вызванные изменениями климата. Он описал зональный ряд почв от подзолов и серых лесных до черноземов, каштановых и бурых пустынных почв. Ученик Докучаева В.И. Вернадский назвал своего учителя «русским самородком».

В XX столетии теоретический арсенал экологии быстро пополнялся, поэтому этот период называют «золотым веком» теории экологии. В первой половине XX в. формировались экологический лексикон и система представлений об особенностях отношений организмов и условий среды на разных уровнях организации:

- особи;
- популяции (более или менее ограниченной в пространстве совокупности особей одного вида с числом, достаточным для самоподдержания);
- сообщества (совокупности организмов разных видов одной или нескольких систематических групп в пределах одного местообитания);
- экосистемы (совокупности организмов и условий среды, включая и самую большую экосистему Земли — биосферу).

Периодом современной экологии считаются последние тридцать лет XX в. (Гиляров, 1995, 1998; Wu, Loucks, 1995; Тутубалин и др., 2000). Главные особенности этого периода хорошо выражают заголовки статей Дж. Лотона (Lawton, 1999) «Есть ли - в экологии общие законы?» (с однозначным ответом: таких законов нет) и А.М. Гилярова (Ghilarov, 2001) «Изменение характера экологии XX столетия: от универсальных законов к универсальной методологии». Г.С. Розенберг (Розенберг и др., 1999), характеризуя смену парадигм в экологии, подчеркивает, что экология стала более субъективной, пространство и время перестали быть простыми и «экологический мир» стал динамичным. Впрочем, в последние годы появляются и более оптимистические оценки современного состояния экологии. Так, П.В. Турчин (2002) считает, что законы в экологии все-таки существуют, по крайней мере, в популяционной экологии.

1.2. Глобальные и государственные экологические проблемы на современном этапе

Термин «экология» (от греч. oikos – жилище, место обитания и logos – наука) предложил Э. Геккель в 1866 г. для обозначения биологической науки, изучающей взаимоотношения животных с органической и неорганической средами. С того времени представление о содержании экологии претерпело ряд уточнений, конкретизаций. Однако до сих пор нет достаточно четкого и строгого определения экологии, и все ещё идут споры о том, что такое экология, следует ли её рассматривать как единую науку или же экология растений и экология животных – самостоятельные дисциплины. Не решён вопрос, относится ли биоценология к экологии или это обособленная область науки. Не случайно почти одновременно появляются руководства по экологии, написанные с принципиально разных позиций. В одних экология трактуется как современная естественная история, в других – как учение о структуре природы, в

котором конкретные виды рассматриваются лишь как средства трансформации вещества и энергии в биосистемах, в третьих – как учение о популяции и т.д.

Нет необходимости останавливаться на всех существующих точках зрения относительно предмета и содержания экологии. Важно лишь отметить, что на современном этапе развития экологических представлений все более чётко вырисовывается её суть.

Экология – это наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов (в любых её проявлениях, на всех уровнях интеграции) в их естественной среде обитания с учётом изменений, вносимых в среду деятельностью человека.

Из этой формулировки можно сделать вывод, что все исследования, изучающие жизнь животных и растений в естественных условиях, открывающие законы, по которым организмы объединяются в биологические системы, и устанавливающие роль отдельных видов в жизни биосферы, относятся к экологическим.

Однако приведенное определение слишком пространно и недостаточно конкретно, хотя на первых этапах развития экологии один из вариантов его (экология – это наука об отношениях организмов друг с другом и со средой, наука о приспособлениях и т.п.) не только был принципиально верным, но и мог служить ориентиром при постановке ряда исследований.

В последнее время экологи пришли к принципиально важному обобщению, показав, что условия среды осваиваются организмами на популяционно-биоценологическом уровне, а не отдельными особями вида. Это привело к интенсивному развитию учения о биологических макросистемах (популяциях, биоценозах, биогеоценозах), что оказало громадное влияние на развитие биологии в целом и всех её разделов в частности. В результате стали появляться всё новые и новые определения экологии. Её рассматривали как науку о популяциях, о структуре природы, о динамике численности и т.д. Но все они, несмотря на некоторую специфичность, определяют экологию как науку, исследующую законы жизни животных, растений и микроорганизмов в естественной среде обитания с учётом роли антропогенных факторов.

Основные формы существования видов животных, растений и микроорганизмов в естественной среде обитания – это внутривидовые группировки (популяции) или многовидовые сообщества (биоценозы). Поэтому современная экология изучает взаимоотношения организмов и среды на популяционно-биоценологическом уровне. Конечной целью экологических исследований является выяснение путей, с помощью которых вид сохраняется в постоянно меняющихся условиях среды. Процветание вида заключается в поддержании оптимальной численности его популяций в биогеоценозе.

Следовательно, основным *содержанием* современной экологии становится исследование взаимоотношений организмов друг с другом и со средой на популяционно-биоценологическом уровне и изучение жизни биологических макросистем более высокого ранга: биогеоценозов (экосистем) и биосферы, их продуктивности и энергетики.

Отсюда очевидно, что *предметом* исследования экологии являются биологические макросистемы (популяции, биоценозы, экосистемы) и их динамика во времени и пространстве.

Из содержания и предмета исследований экологии вытекают и её основные *задачи*, которые могут быть сведены к изучению динамики популяций, к учению о биогеоценозах и их системах. Структура биоценозов, на уровне формирования которых, как было отмечено, происходит освоение среды, способствует наиболее экономичному и полному использованию жизненных ресурсов. Поэтому главная

теоретическая и практическая задача экологии заключается в том, чтобы вскрыть законы этих процессов и научиться управлять ими в условиях неизбежной индустриализации и урбанизации нашей планеты.

В процессе развития экологические исследования в ботанике и зоологии шли довольно специфическими путями, что и привело к искусственному и не вполне обоснованному их разделению.

В ботанике предметом экологии часто считаются только взаимоотношения растений с мёртвой средой, т.е. воздействия физико-химических факторов на отдельные виды растений. Взаимоотношения же между растениями, а, следовательно, и их сообществами рассматриваются специальной наукой – фитоценологией. Изучением отношений в животном-растительных сообществах занимается биогеоценология.

Кроме того, экологию обычно подразделяют на аутэкологию (экологию особей) и синэкологию (экологию сообществ). Однако такое подразделение не отображает специфики современной экологии, изучающей жизнь на уровнях различных биологических макросистем. Поэтому Ю. Одум, выделяет экологию видов, экологию популяций, экологию сообществ и экологию экосистем. Н.П. Наумов предлагает три подразделения: экологию особей, экологию популяций и экологию сообществ. Г.А. Новиков, также выделяя в экологии три подразделения, первое называет экологией видов. Есть и другие мнения.

Нет необходимости подробно анализировать все существующие точки зрения относительно структуры современной экологии. Очевидно, чёткое расчленение её – задача ближайшего будущего. Важно, что в экологии объективно выделяются подразделения, изучающие органический мир на уровне особи (организма), популяции, вида, биоценоза, биогеоценоза (экосистемы) и биосферы. В связи с этим уже можно чётко выделить: **аутэкологию (экология особей)**, **демэкологию (экология популяций)**, **эйдэкологию (экология видов)** и **синэкологию (экология сообществ)**.

Задачей **аутэкологии** (от греч. autos – сам) является установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, которые организм выбирает из всего диапазона их значений. Изучение реакций организмов на воздействия факторов среды позволяет выявить не только эти пределы, но и физические, а также морфологические изменения, характерные для данных особей.

Демэкология (от греч. demos – народ) изучает естественные группировки особей одного вида, т.е. популяции – элементарные надорганизменные макросистемы. Важнейшей задачей её является выяснение условий, при которых формируются популяции, а также изучение внутривидовых группировок и их взаимоотношений, организации (структуры), динамики численности популяций.

Эйдэкология (от греч. eidos – образ, вид), или экология видов, - наименее разработанное подразделение современной экологии. Вид как уровень организации живой природы, как надорганизменная биологическая макросистема еще не стал объектом экологических исследований. Это объясняется тем, что по мере развития экологии внимание и интерес исследователей с организма, т.е. с аутэкологии, переключились на популяцию – демэкологию, а затем на биоценоз, биогеоценоз и биосферу в целом.

Синэкология (от греч. syn – вместе), или экология сообществ (биоценология), изучает ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, пути формирования и развития последних, структуру и динамику, взаимодействие их с физико-химическими факторами среды, энергетику,

продуктивность и другие особенности. Базируясь на аут-, дем-, и эйдэкологии, синэкология приобретает чётко выраженный общебиологический характер. В основе аут-, дем-, и эйдэкологических исследований лежат особь (организм), популяция и вид конкретной группы живых существ (животные, растения, микроорганизмы). Синэкологические же исследования направлены на изучение сложного многовидового комплекса взаимосвязанных организмов (биоценоз), существующего в строго определённой физико-химической среде, на рассмотрение с качественной и количественной точки их соотношения.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что изучает современная экология?
- 2) Связь экологии с другими науками.
- 3) Содержание, предмет и задачи экологии.
- 4) Структура современной экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
2. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010. - 154 с.

Дополнительная

1. **Одум, Ю.** Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
2. **Чернова, Н.М.** Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988. – 297 с.

ЛЕКЦИЯ 2

БИОСФЕРА, ЕЕ СТРУКТУРА И ЭВОЛЮЦИЯ

2.1. Основные положения учения В.И. Вернадского о биосфере

К понятию «биосфера» еще в начале XIX в. подошел Ламарк. Он применил термин «биосфера» для обозначения области распространения жизни на земной поверхности. В 1875 г. австрийский геолог Зюсс назвал биосферой особую оболочку Земли, включающую совокупность всех организмов, противопоставив ее другим земным оболочкам. Начиная с работ Зюсса, биосфера трактуется как совокупность населяющих Землю организмов.

Законченное учение о биосфере было создано нашим соотечественником академиком Владимиром Ивановичем Вернадским. Основные идеи В. И. Вернадского в учении о биосфере сложились вначале XX в. Он излагал их в лекциях в Париже. В 1926 г. его идеи о биосфере были сформулированы в книге «Биосфера», состоящей из двух очерков: «Биосфера и космос» и «Область жизни». Позднее эти же идеи были развиты в большой монографии «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения», которая, к сожалению, была опубликована только через 20 лет после его смерти.

В.И. Вернадский определил пространство, которое охватывает биосфера Земли, — вся гидросфера до максимальных глубин океанов, верхняя часть литосферы материков до глубины около 3 км и нижняя часть атмосферы до верхней границы тропосферы. Он ввел в науку интегральное понятие живое вещество и стал называть биосферой область существования на Земле «живого вещества», представляющего собой сложную совокупность микроорганизмов, водорослей, грибов, растений и животных. По существу, речь идет о единой термодинамической оболочке (пространстве), в которой сосредоточена жизнь и осуществляется постоянное взаимодействие всего живого с неорганическими условиями среды (пленка жизни). Он показал, что биосфера отличается от других сфер Земли тем, что внутри нее происходит геологическая деятельность всех живых организмов. Живые организмы, преобразуя солнечную энергию, являются мощной силой, влияющей на геологические процессы.

Специфическая черта биосферы как особой оболочки Земли — непрерывно происходящий в ней кругооборот веществ, регулируемый деятельностью живых организмов. По мнению В.И. Вернадского, в прошлом явно недооценивали вклад живых организмов в энергетику биосферы и их влияние на неживые тела. Хотя живое вещество по объему и массе составляет незначительную часть биосферы, но оно играет основную роль в геологических процессах, связанных с изменением облика нашей планеты.

Занимаясь созданной им наукой биохимией, изучающей распределение химических элементов по поверхности планеты, В.И. Вернадский пришел к выводу, что нет практически ни одного элемента из таблицы Менделеева, который не включался бы в живое вещество. Он сформулировал три важных биогеохимических принципа:

Биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к своему максимальному проявлению. Этот принцип в наши дни человеком нарушен.

Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, происходит в направлении, усиливающем биогенную миграцию атомов.

Живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с окружающей его средой, создающейся и поддерживающейся на Земле космической энергией Солнца. Вследствие нарушения двух первых принципов космические воздействия из поддерживающих биосферу могут превратиться в разрушающие ее факторы.

Живое вещество биосферы. Главная идея В.И. Вернадского заключается в том, что высшая фаза развития материи на Земле — жизнь — определяет и подчиняет себе другие планетарные процессы. По этому поводу он писал, что можно без преувеличения утверждать, что химическое состояние наружной коры нашей планеты, биосферы, всецело находится под влиянием жизни и определяется живыми организмами.

Если равномерно распределить все живые организмы на поверхности Земли, то они образуют пленку толщиной 5 мм. Несмотря на это, роль живого вещества в истории Земли не меньше роли геологических процессов. Вся масса живого вещества, которое было на Земле, например, в течение 1 млрд. лет, уже превышает массу земной коры.

Значительное место в работах В.И. Вернадского по биосфере отведено зеленому живому веществу растений, поскольку только оно автотрофно и способно аккумулировать лучистую энергию Солнца, образуя с ее помощью первичные органические соединения.

Значительная часть энергии живого вещества идет на образование в биосфере новых вадозных (неизвестных вне ее) минералов, а часть находится в виде органического вещества, образуя, в конечном счете, залежи бурого и каменного угля, горючих сланцев, нефти и газа. По мнению ученого, земная кора представляет собой в основном остатки былых биосфер. Даже гранитно-гнейсовый ее слой образовался в результате метаморфизма и переплавления пород, возникших когда-то под воздействием живого вещества. Только базальты и другие основные магматические породы он считал глубинными и по своему генезису не связанными с биосферой.

В учении о биосфере понятие «живое вещество» является основополагающим. Живые организмы превращают космическую лучистую энергию в земную, химическую и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Своим дыханием, питанием, метаболизмом, смертью и разложением, длящимся сотни миллионов лет, непрерывной сменой поколений они порождают существующий только в биосфере планетарный процесс — миграцию химических элементов.

Живое вещество, согласно теории В. И. Вернадского, — биогеохимический фактор планетарного масштаба, под воздействием которого преобразуется как окружающая абиотическая среда, так и сами живые организмы. Во всем пространстве биосферы происходит порожденное жизнью непрерывное перемещение молекул. Жизнь решающим образом воздействует на распределение, миграцию и рассеяние химических элементов, определяя судьбу азота, калия, кальция, кислорода, магния, стронция, углерода, фосфора, серы и других элементов.

Живое вещество выполняет в биосфере следующие биогеохимические функции: газовую — поглощает и выделяет газы; окислительно-восстановительную — окисляет, например, углеводы до углекислого газа и восстанавливает его до углеводов; концентрационную — организмы-концентраторы накапливают в своих телах и скелетах азот, фосфор, кремний, кальций, магний. В результате выполнения этих функций живое вещество биосферы из минеральной основы создает природные воды и почвы, оно создало в прошлом и поддерживает в состоянии равновесия атмосферу.

При участии живого вещества идет процесс выветривания, и горные породы включаются в геохимические процессы.

Газовая и окислительно-восстановительная функции живого вещества тесно связаны с процессами фотосинтеза и дыхания. В результате биосинтеза органических веществ автотрофными организмами было извлечено из древней атмосферы огромное количество углекислого газа. По мере увеличения биомассы зеленых растений изменился газовый состав атмосферы — уменьшилось содержание углекислого газа, и увеличилась концентрация кислорода. Весь кислород атмосферы образован в результате процессов жизнедеятельности автотрофных организмов. Живое вещество качественно изменило газовый состав атмосферы — геологической оболочки Земли. В свою очередь, кислород используется организмами для процесса дыхания, в результате чего в атмосферу вновь поступает углекислый газ.

В биосфере, как и в каждой экосистеме, постоянно осуществляется кругооборот химических элементов. Таким образом, живое вещество биосферы, выполняя геохимические функции, создает и поддерживает равновесие биосферы.

Круговорот веществ в биосфере. Важнейшей функциональной характеристикой биосферы являются протекающие в ней круговороты веществ, которые обусловлены биогенными и абиогенными причинами. В настоящее время сильное влияние на них оказывает хозяйственная деятельность человека, что ведет к нарушению биосферы и может иметь тяжелые последствия для будущих поколений землян. Рассмотрим круговороты основных биогенов - углерода, кислорода, азота, воды.

Круговорот углерода. Это один из самых важнейших биосферных круговоротов, поскольку углерод составляет основу органических веществ. В круговороте особенно велика роль диоксида углерода.

Запасы «живого» углерода в составе организмов суши и океана составляют, по разным данным, 550—750 Гт (1 Гт = 1 млрд. т), причем 99,5% его сосредоточено на суше, остальное - в океане. Кроме того, в океане содержится до 700 Гт углерода в составе растворенного органического вещества.

Запасы неорганического углерода значительно больше. Над каждым квадратным метром суши и океана находится 1 кг углерода атмосферы и под каждым квадратным метром океана на глубине 4 км - 100 кг углерода в форме карбонатов и бикарбонатов. Еще больше запасов углерода в осадочных породах — в известняках содержатся карбонаты, в сланцах - керогены и т.д.

Примерно 1/3 «живого» углерода (около 200 Гт) циркулирует, т. е. ежегодно усваивается организмами в процессе фотосинтеза и возвращается обратно в атмосферу, причем вклад океана и суши в этот процесс примерно сходный. Несмотря на то, что биомасса океана много меньше биомассы суши, его биологическая продукция создается множеством поколений короткоживущих водорослей.

До 50% (по некоторым данным — до 90%) углерода в форме диоксида возвращают в атмосферу микроорганизмы-редуценты почвы. В этот процесс равный вклад вносят бактерии и грибы. Возврат диоксида углерода при дыхании всех прочих организмов, таким образом, меньше, чем при деятельности редуцентов.

В настоящее время отмечается нарушение круговорота углерода в связи со сжиганием значительного количества ископаемых углеродистых энергоносителей, а также дегумификацией пахотных почв и осушением болот. В целом содержание диоксида углерода в атмосфере ежегодно увеличивается на 0,6%. Еще быстрее возрастает содержание метана - на 1-2%. Эти газы являются главными виновниками усиления парникового эффекта, который на 50% зависит от диоксида углерода и на 33% - от метана.

Последствия усиления парникового эффекта для биосферы неясны, наиболее вероятный прогноз — потепление климата. Однако поскольку «машинами» климата являются морские течения, то вследствие их изменения при таянии ледников в ряде районов возможно существенное похолодание (в том числе в Европе в результате изменения течения Гольфстрим). Под влиянием изменения концентрации диоксида углерода значительно учащаются крупные стихийные бедствия (наводнения, засухи и т.д.).

Для того чтобы вернуть круговороту углерода равновесие, необходимо увеличить площадь лесов и сократить выброс газов при сжигании углеродистых энергоносителей.

Круговорот воды. Вода испаряется не только с поверхности водоемов и почв, но и живых организмов, ткани которых на 70 % состоят из воды. Большое количество воды (около 1/3 всей воды осадков) испаряется растениями, особенно деревьями: на соиздание 1 кг органического вещества в разных районах они расходуют от 200 до 700 л воды.

Различные фракции воды гидросферы участвуют в круговороте по-разному и с разной скоростью. Так, полное обновление воды в составе ледников происходит за 8 тысяч лет, подземных вод - за 5 тыс. лет, океана - за 3 тыс. лет, почвы - за 1 год. Пары атмосферы и речные воды полностью обновляются за 10-12 суток.

До развития цивилизации круговорот воды был равновесным, однако в последние десятилетия вмешательство человека нарушает этот цикл. В частности, уменьшается испарение воды лесами ввиду сокращения их площади и, напротив, увеличивается испарение с поверхности почвы при орошении сельскохозяйственных культур. Испарение воды с поверхности океана уменьшается вследствие появления на ее значительной части пленки нефти. Влияет на круговорот воды потепление климата, вызываемое парниковым эффектом. При усилении этих тенденций могут произойти существенные изменения круговорота, опасные для биосферы.

Важную роль в годовом водном балансе биосферы играет океан. Испарение с его поверхности примерно в 2 раза больше, чем с поверхности суши.

Круговорот азота. Циркуляция азота в биосфере протекает по следующей схеме :
— перевод инертного азота атмосферы в доступные для растений формы (биологическая азотфиксация, образование аммиака при грозových разрядах, производство азотных удобрений на заводах);
— усвоение азота растениями;
— переход части азота из растений в ткани животных;
— накопление азота в детрите;
— разложение детрита микроорганизмами - редуцентами вплоть до восстановления молекулярного азота, который возвращается в атмосферу.

В морских экосистемах азотфиксаторами являются цианобактерии, связывающие азот в аммиак, который усваивается фитопланктоном.

В настоящее время вследствие уменьшения доли естественных экосистем биологическая азотфиксация стала меньше промышленной фиксации азота (соответственно 90-130 и 140 млн. т в год), причем к 2020 г. ожидается увеличение промышленной азотфиксации на 60%. До половины азота, вносимого на поля, вымывается в грунтовые воды, озера, реки и вызывает эвтрофикацию водоемов.

Значительное количество азота в форме оксидов азота поступает в атмосферу, а затем в почву и водоемы в результате ее загрязнения промышленностью и транспортом (кислотные дожди). Этот азот был изъят из атмосферы экосистемами геологического прошлого и длительное время находился «на депоненте» в угле, газе, нефти, при

сжигании которых, он возвращается в круговорот. Например, в США азота с атмосферными осадками в год выпадает 20-50 кг/га, а в отдельных районах эмиссия достигает 115 кг/га.

Экологически безопасной считается величина эмиссии азота 10—30 кг/га в год. При более высоких нагрузках происходят значительные изменения в экосистемах: почвы подкисляются, происходит выщелачивание питательных элементов в глубокие горизонты, возможно усыхание древостоев и массовое развитие заносных видов-нитрофилов. Кроме того, высокое содержание азота в растениях, выросших на загрязненных азотом почвах, повышает их поедаемость, что может привести к выпадению из растительных сообществ даже доминантных видов.

Восстановление естественного круговорота азота возможно за счет уменьшения производства азотных удобрений, резкого сокращения промышленных выбросов оксидов азота в атмосферу и расширения площади посевов бобовых, которые симбиотически связаны с бактериями-азотфиксаторами.

Круговорот кислорода. Кислород атмосферы имеет биогенное происхождение и его циркуляция в биосфере осуществляется путем пополнения запасов в атмосфере в результате фотосинтеза растений и поглощения при дыхании организмов и сжигании топлива в хозяйстве человека (рисунок 4). Кроме того, некоторое количество кислорода образуется в верхних слоях атмосферы при диссоциации воды и разрушении озона под действием ультрафиолетового излучения; часть кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при вулканических извержениях и др.

Этот круговорот очень сложный, так как кислород вступает в разнообразные реакции и входит в состав очень большого числа органических и неорганических соединений, и замедленный. Для полного обновления всего кислорода атмосферы требуется около 2 тысяч лет (для сравнения: ежегодно обновляется около 1/3 диоксида углерода атмосферы).

Однако отмечается ухудшение состояния озонового слоя и образование «озоновых дыр» (областей с пониженным содержанием озона) над полюсами Земли, что представляет экологическую опасность. Временные «дыры» возникают также над обширными районами вне полюсов (в том числе и над континентальными районами России). Причиной этих явлений является попадание в озоновый слой хлора и оксидов азота, которые образуются в почве из минеральных удобрений при их разрушении микроорганизмами, а также содержатся в выхлопных газах автомобилей. Эти вещества разрушают озон с более высокой скоростью, чем он может образовываться из кислорода под влиянием ультрафиолетовых лучей.

Так как озон является фотооксидантом, образующимся из оксида азота и углеводов под влиянием ультрафиолетовых лучей, то возможно увеличение содержания азона в приземном слое атмосферы. В этом случае он становится опасным загрязнителем, вызывающим раздражение дыхательных путей человека. Однако отрицательно сказывается на здоровье человека и чрезмерно низкое содержание озона в атмосфере.

Круговорот фосфора. О круговороте фосфора за обозримое время можно говорить лишь условно. Будучи гораздо тяжелее углерода, кислорода и азота, фосфор почти не образует летучих соединений — он стекает с суши в океан, а возвращается в основном при подъеме суши в ходе геологических преобразований. По этой причине круговорот фосфора называют «открытым».

Фосфор содержится в горных породах, откуда выщелачивается в почву и усваивается растениями, а затем по пищевым цепям переходит к животным. После

разложения мертвых тел растений и животных не весь фосфор вовлекается в круговорот, часть его вымывается из почвы в водоемы (реки, озера, моря). Там фосфор оседает на дно и почти не возвращается на сушу, лишь небольшое количество его возвращается с выловленной человеком рыбой или с экскрементами птиц, питающихся рыбой. Скопления экскрементов морских птиц служили в недалеком прошлом источником ценнейшего органического удобрения — гуано, но в настоящее время ресурсы гуано практически исчерпаны.

Отток фосфора с суши в океан усиливается вследствие возрастания поверхностного стока воды при уничтожении лесов, распашке почв и внесении фосфорных удобрений. Поскольку запасы фосфора на суше ограничены, а его возврат из океана проблематичен (хотя в настоящее время активно исследуются возможности его добычи со дна океана), в будущем в земледелии возможен острый дефицит фосфора, что вызовет снижение урожаев (в первую очередь зерна). Поэтому необходима экономия ресурсов фосфора.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Где сконцентрированы запасы фосфора?
- 2) С именами каких ученых связано рождение и развитие представления о биосфере?
- 3) Расскажите о составе атмосферы.
- 4) Расскажите о причинах нарушения круговорота воды.
- 5) Перечислите факторы, нарушающие круговорот углерода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
2. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010. - 154 с.

Дополнительная

3. **Одум, Ю.** Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
4. **Чернова, Н.М.** Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988. – 297 с.

ЛЕКЦИЯ 3

ОСНОВНЫЕ СРЕДЫ ЖИЗНИ, ИХ ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АДАПТАЦИЯ К НИМ ОРГАНИЗМОВ

3.1. Среды жизни и адаптации к ним организмов

Наряду с понятиями «среда», «местообитание», «природная среда», «окружающая среда» широко используется термин «среда жизни». Все разнообразие условий на Земле объединяют в четыре среды жизни: **водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную** (в последнем случае одни организмы являются средой для других).

Среды жизни выделяются обычно по фактору или комплексу факторов, которые никогда не бывают в недостатке. Эти факторы являются средообразующими и обуславливают свойства сред. Рассмотрим кратко присущие названным средам жизни свойства, лимитирующие факторы и адаптации организмов.

Водная среда. Эта среда наиболее однородна среди других. Она мало изменяется в пространстве, здесь нет четких границ между отдельными экосистемами. Амплитуды значений факторов также невелики. Разница между максимальными и минимальными значениями температуры здесь обычно не превышает 50°C (в наземно-воздушной среде - до 100°C). Среде присуща высокая плотность. Для океанических вод она равна 1,3 г/см³, для пресных — близка к единице. Давление изменяется только в зависимости от глубины: каждый 10-метровый слой воды увеличивает давление на 1 атмосферу.

Лимитирующим фактором часто бывает кислород. Содержание его обычно не превышает 1% от объема. При повышении температуры, обогащении органическим веществом и слабом перемешивании содержание кислорода в воде уменьшается. Малая доступность кислорода для организмов связана также с его слабой диффузией (в воде она в тысячи раз меньше, чем в воздухе). Второй лимитирующий фактор - свет. Освещенность быстро уменьшается с глубиной. В идеально чистых водах свет может проникать до глубины 50-60 м, в сильно загрязненных - только на несколько сантиметров.

В воде мало теплокровных, или **гомойотермных** (греч. хомой - одинаковый, термо - тепло), организмов. Это результат двух причин: малое колебание температур и недостаток кислорода. Основной адаптационный механизм гомойотермии - противостояние неблагоприятным температурам. В воде такие температуры маловероятны, а в глубинных слоях температура практически постоянна (+4°C). Поддержание постоянной температуры тела обязательно связано с интенсивными процессами обмена веществ, что возможно только при хорошей обеспеченности кислородом. В воде таких условий нет. Теплокровные животные водной среды (киты, тюлени, морские котики и др.) - это бывшие обитатели суши. Их существование невозможно без периодической связи с воздушной средой.

Типичные обитатели водной среды имеют переменную температуру тела и относятся к группе **пойкилотермных** (греч. пойкиос - разнообразный). Недостаток кислорода они в какой-то мере компенсируют увеличением соприкосновения органов дыхания с водой. Многие обитатели вод (гидробионты) потребляют кислород через все покровы тела. Часто дыхание сочетается с фильтрационным типом питания, при котором через организм пропускается большое количество воды. Некоторые организмы в периоды острого недостатка кислорода способны резко замедлять

жизнедеятельность, вплоть до состояния анабиоза (почти полное прекращение обмена веществ).

К высокой плотности воды организмы адаптируются в основном двумя путями. Одни используют ее как опору и находятся в состоянии свободного парения. Плотность (удельный вес) таких организмов обычно мало отличается от плотности воды. Этому способствует полное или почти полное отсутствие скелета, наличие выростов, капелек жира в теле или воздушных полостей. Такие организмы объединяются в группу **планктона** (греч. планктос - блуждающий). Различают растительный (фито-) и животный (зоо-)планктон. Размеры планктонных организмов обычно невелики. Но на их долю приходится основная масса водных обитателей.

Активно передвигающиеся организмы (пловцы) адаптируются к преодолению высокой плотности воды. Для них характерна продолговатая форма тела, хорошо развитая мускулатура, наличие структур, уменьшающих трение (слизь, чешуя). В целом же высокая плотность воды имеет следствием уменьшение доли скелета в общей массе тела гидробионтов по сравнению с наземными организмами.

В условиях недостатка света или его отсутствия организмы для ориентации используют звук. Он в воде распространяется намного быстрее, чем в воздухе. Для обнаружения различных препятствий используется отраженный звук по типу эхолокации. Для ориентации используются также запаховые явления (в воде запахи ощущаются намного лучше, чем в воздухе). В глубинах вод многие организмы обладают свойством самосвечения (биолюминесценции).

Растения, обитающие в толще воды, используют в процессе фотосинтеза наиболее глубоко проникающие в воду голубые, синие и сине-фиолетовые лучи. Соответственно и цвет растений меняется с глубиной от зеленого к бурому и красному.

Адекватно адаптационным механизмам выделяются следующие группы гидробионтов: отмеченный выше **планктон** - свободнопарящие, **нектон** (греч. нектос - плавающий) - активно передвигающиеся, **бентос** (греч. бентос - глубина) - обитатели дна, **пелагос** (греч. пелагос - открытое море) - обитатели водной толщи, **нейстон** - обитатели верхней пленки воды (часть тела может быть в воде, часть - в воздухе).

Воздействие человека на водную среду проявляется в уменьшении прозрачности, изменении химического состава (загрязнении) и температуры (тепловое загрязнение). Следствием этих и других воздействий является обеднение кислородом, снижение продуктивности, смены видового состава и другие отклонения от нормы.

Наземно-воздушная среда. Эта среда относится к наиболее сложной как по свойствам, так и по разнообразию в пространстве. Для нее характерна низкая плотность воздуха, большие колебания температуры (годовые амплитуды до 100°C), высокая подвижность атмосферы. Лимитирующими факторами чаще всего являются недостаток или избыток тепла и влаги. В отдельных случаях, например под пологом леса, недостаток света.

Большие колебания температуры во времени и ее значительная изменчивость в пространстве, а также хорошая обеспеченность кислородом явились побудительными мотивами для появления организмов с постоянной температурой тела (гомойотермных). Гомойотермия позволила обитателям суши существенно расширить место обитания (ареалы видов), но это неизбежно связано с повышенными энергетическими тратами.

Для организмов наземно-воздушной среды типичны три механизма адаптации к температурному фактору: **физический, химический, поведенческий**. **Физический** осуществляется регулированием теплоотдачи. Факторами ее являются кожные покровы,

жировые отложения, испарение воды (потовыделение у животных, транспирация у растений). Этот путь характерен для пойкилотермных и гомойотермных организмов.

Химические адаптации базируются на поддержании определенной температуры тела. Это требует интенсивного обмена веществ. Такие адаптации свойственны гомойотермным и лишь частично пойкилотермным организмам. **Поведенческий путь** осуществляется посредством выбора организмами предпочтительных положений (открытые солнцу или затененные места, разного вида укрытия и т. п.). Он свойственен обеим группам организмов, но пойкилотермным в большей степени. Растения приспосабливаются к температурному фактору в основном через физические механизмы (покровы, испарение воды) и лишь частично - поведенчески (повороты пластинок листьев относительно солнечных лучей, использование тепла земли и утепляющей роли снежного покрова).

Адаптации к температуре осуществляются также через размеры и форму тела организмов. Для уменьшения теплоотдачи выгоднее крупные размеры (чем крупнее тело, тем меньше его поверхность на единицу массы, а следовательно, и теплоотдача, и наоборот). По этой причине одни и те же виды, обитающие в более холодных условиях (на севере), как правило, крупнее тех, которые обитают в более теплом климате. Эта закономерность называется **правилом Бергмана**. Регулирование температуры осуществляется также через выступающие части тела (ушные раковины, конечности, органы обоняния). В холодных районах они, как правило, меньше по размерам, чем в более теплых (**правило Аллена**).

Регулирование водного баланса организмами. У животных различают три механизма: **морфологический** - через форму тела, покровы; **физиологический** - посредством высвобождения воды из жиров, белков и углеводов (метаболическая вода), через испарение и органы выделения; **поведенческий** - выбор предпочтительного расположения в пространстве.

Растения избегают обезвоживания либо посредством запасаания воды в теле и защиты ее от испарения (суккуленты), либо через увеличение доли подземных органов (корневых систем) в общем объеме тела. Уменьшению испарения способствуют также различного рода покровы (волоски, плотная кутикула, восковой налет и др.). При избытке воды механизмы ее экономии слабо выражены. Наоборот, некоторые растения способны выделять избыточную воду через листья, в капельно-жидком виде («плач растений»).

Почвенная среда. Эта среда имеет свойства, сближающие ее с водной и наземно-воздушной средами. Многие мелкие организмы живут здесь как гидробионты – в поровых скоплениях свободной воды. Как и в водной среде, в почвах невелики колебания температур. Амплитуды их быстро затухают с глубиной. Существенна вероятность дефицита кислорода, особенно при избытке влаги или углекислоты. Сходство с наземно-воздушной средой проявляется через наличие пор, заполненных воздухом.

К специфическим свойствам, присущим только почве, относится плотное сложение (твердая часть или скелет). В почвах обычно выделяют три фазы (части): твердую, жидкую и газообразную. В. И. Вернадский почву отнес к биокосным телам, подчеркивая этим большую роль в ее образовании и жизни организмов и продуктов их жизнедеятельности. Почва - наиболее насыщенная живыми организмами часть биосферы (почвенная пленка жизни). Поэтому в ней иногда выделяют четвертую фазу - живую.

В качестве лимитирующих факторов в почве чаще всего выступает недостаток тепла (особенно при вечной мерзлоте), а также недостаток (засушливые условия) или

избыток (болота) влаги. Реже лимитирующими бывают недостаток кислорода или избыток углекислоты.

Воздействия человека проявляются в разрушении почв (эрозии), загрязнении, изменении химических и физических свойств.

Организмы как среда обитания. С данной средой связан паразитический и полупаразитический образ жизни. Организмы этих групп получают кондиционированную среду (по температуре, влажности и другим параметрам) и готовую легкоусвояемую пищу. Результатом этого является упрощение всех систем и органов, а также потеря некоторых из них. Наиболее слабое (лимитирующее) звено в жизни паразитов - возможность потери хозяина. Это неизбежно при его смерти. По этой причине паразиты, как правило, не убивают своего хозяина («разумный паразитизм») и имеют приспособления, увеличивающие вероятность выживания в случае потери хозяина. Основной путь сохранения вида (популяции) в таких условиях - большое число зачатков («закон большого числа яиц») в виде долгосохраняющихся цист, спор и т. п. Это увеличивает вероятность встречи с хозяином. Часто используются промежуточные хозяева.

Человек может как увеличивать, так и уменьшать численность паразитов, воздействуя как на среду для организмов-хозяинов, так и непосредственно на последних. Используются различные методы прямого уничтожения или ограничения численности паразитов.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Определение «Среда обитания».
- 2) Что такое «экологические факторы»?
- 3) Классификация экологических факторов.
- 4) Общие закономерности действия факторов среды на организмы.
- 5) Механизмы адаптации организмов к условиям среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
2. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010. - 154 с.

Дополнительная

3. **Одум, Ю.** Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
4. **Чернова, Н.М.** Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988. – 297 с.
Одум, Ю. Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.

ЛЕКЦИЯ 4

ПОНЯТИЕ О ПОПУЛЯЦИЯХ, КЛАССИФИКАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

4.1. Численность и плотность популяций

Вид - это совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, способных к скрещиванию с образованием плодового потомства, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область (ареал).

Популяция - совокупность особей одного вида, способных к самовоспроизводству, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида. Популяция является структурной единицей вида и единицей эволюции. Это объясняется тем, что уровень свободного скрещивания внутри популяции выше, чем между особями разных популяций.

Ареал - это пространство, на котором популяция или вид в целом встречается в течение всей своей жизнедеятельности. Ареал может быть сплошным или разорванным преградами (водными, орографическими и др.).

В зависимости от величины ареала и характера распространения различают космополитов, убиквистов, эндемиков.

Космополиты - виды растений и животных, представители которых встречаются на большей части обитаемых областей Земли (например, комнатная муха, серая крыса).

Убиквисты - виды растений и животных с широкой экологической валентностью, способные существовать в разнообразных условиях среды и имеющие, как правило, обширные ареалы (например, тростник обыкновенный, волк).

Эндемики - виды растений и животных, которые имеют небольшие ограниченные ареалы (часто встречаются на островах океанического происхождения, в горных районах и изолированных водоёмах).

Популяции, будучи групповыми объединениями, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельной особи: численность, плотность, рождаемость, смертность, скорость роста и т.д. Кроме того, популяции свойственна определенная организация: половая, возрастная, генетическая, пространственно-этологическая.

Количественные показатели, характеризующие состояние популяции на данный момент времени, называются *статическими*. К ним относятся: численность, плотность, а также показатели структуры.

Количественные показатели, характеризующие процессы, протекающие в популяции за определенный промежуток времени, называются *динамическими*. К ним относятся: рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

Численность - это число особей в популяции; может значительно изменяться во времени; зависит от биотического потенциала вида и внешних условий.

Плотность - это число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объёма.

Половая структура (половой состав) - соотношение особей мужского и женского пола в популяции.

Возрастная структура (возрастной состав) - соотношение в популяции особей разных возрастных групп. *Абсолютный возрастной состав* выражает численность

определенных возрастных групп в определенный момент времени. *Относительный возрастной состав* выражает долю или процент особей данной возрастной группы по отношению к общей численности популяции.

В зависимости от способности особей к размножению различают три возрастные группы: предрепродуктивную, репродуктивную, пострепродуктивную.

Возрастную структуру популяции выражают при помощи возрастных пирамид.

Пространственно-этологическая структура - характер распределения особей в пределах ареала.

Различают три основных типа распределения особей в пространстве: равномерное, неравномерное и случайное.

Равномерное распределение характеризуется равным удалением каждой особи от всех соседних. Свойственно популяциям, существующим в условиях равномерного распределения факторов среды или состоящих из особей, проявляющих друг к другу антагонизм.

Неравномерное распределение проявляется в образовании группировок особей, между которыми остаются большие незаселённые территории. Характерно для популяций, обитающих в условиях неравномерного распределения факторов среды или состоящих из особей, ведущих групповой (стадный) образ жизни.

Случайное распределение выражается в неодинаковом расстоянии между особями. Является результатом вероятностных процессов, неоднородности среды и слабых социальных связей между особями.

Генетическая структура - соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Совокупность генов всех особей популяции называют *генофондом*. На популяции всегда действуют внешние и внутренние факторы, нарушающие генетическое равновесие. Длительное и направленное изменение генетического состава популяции, её генофонда получило название элементарного эволюционного явления.

Рождаемость (скорость рождаемости) - число новых особей, появившихся в популяции за единицу времени в результате размножения.

Различают максимальную и фактическую рождаемость. *Максимальная рождаемость* - максимальная реализация возможности рождения при отсутствии лимитирующих факторов среды. *Фактическая рождаемость* - реальная реализация возможности рождения.

Смертность (скорость смертности) - число особей, погибших в популяции за единицу времени (от хищников, болезней, старости и т.д.). Смертность - величина обратная рождаемости.

Различают минимальную и фактическую смертность. *Минимальная смертность* - минимально возможная величина смертности. *Фактическая смертность* - реальная величина смертности.

Скорость роста популяции - изменение численности популяции за единицу времени. Скорость роста популяции может быть положительной, нулевой и отрицательной. Она зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции.

Существуют две основные модели роста популяции: J-образная и S-образная.

J-образная модель отражает неограниченный экспоненциальный рост численности популяции, не зависящий от плотности популяции. Такой тип роста возможен пока биотический потенциал популяции реализуется полностью. Это продолжается, пока низка конкуренция за ресурсы. Однако после превышения емкости среды (предельной плотности насыщения, предельной численности), произойдет резкое снижение численности.

S-образная. модель отражает логистический тип роста, зависящего от плотности популяции, при котором скорость роста популяции снижается по мере роста численности (плотности). Скорость роста снижается вплоть до нуля при достижении предельной численности.

Популяции многих видов организмов способны к саморегуляции своей численности.

4.2. Методы учета численности и плотности

Одним из критериев популяции является приуроченность данной группы организмов одного вида к определенной территории. Это означает, что можно говорить о пространственном размещении популяции. Живые организмы размещаются на заселяемой ими территории, подчиняясь различным закономерностям.

Выделяют три основных типа распределения особей в пространстве: единообразное, или равномерное (особи размещены в пространстве равномерно, на одинаковых расстояниях друг от друга); случайное, или диффузное (особи распределены в пространстве случайным образом); агрегированное, конгрегационное, или мозаичное, или кучное (особи размещаются в обособленных скоплениях). Равномерное распределение встречается в природе редко. Биологически оно означает то, что ресурс (пищевой или топический) используется популяцией максимально, и в данной конкретной ситуации показатели обилия достигли максимально возможных значений. Примером может послужить распределение деревьев в высокоствольном лесу. Случайное распределение можно наблюдать только в однородной среде и только у видов, которые не обнаруживают никакого стремления к объединению в группы. Как хрестоматийный пример равномерного распределения, обычно приводят распределение жука мучного хрущака (*Tribolium*) в муке.

Распределение группами встречается намного чаще. Оно связано с особенностями микросреды или с особенностями поведения животных. Существование внутривидовых пространственных структур может объясняться разными причинами. Например, скопление гусениц на листе растения может объясняться тем, что они вывелись из одной кладки яиц, отложенных взрослым насекомым. Нередко агрегированность обусловлена неоднородностью среды обитания. Для почвенных насекомых и клещей длиной меньше нескольких миллиметров существенными могут быть различия в микрорельефе высотой и шириной в несколько сантиметров. Часто плотность и характер распределения особей зависит от количества и распределения корма.

Если топография расположения особей - это «морфологический» аспект пространственной структуры популяции, то система взаимоотношений («этологическая структура») - это функциональный её аспект. Сочетание этих двух аспектов составляет биологическую сущность понятия пространственно-этологической структуры популяции животных. Для оседлых видов животных характерно наличие территориального поведения – активная защита участка, маркировка границ, территориальный консерватизм (привязанность к месту). Размещение животных в пространстве в значительной мере может определяться соотношением между агрессивным и агрегационным поведением. Это соотношение может быть разным у разных видов. Важным поведенческим механизмом является территориальность, явление, связанное с защитой определенного участка от других особей того же вида. Территориальность широко распространена у позвоночных, но встречается и у других животных.

У многих видов животных, включая птиц и млекопитающих, известны территориальные сигналы. Так, территориальную функцию выполняют песни многих видов птиц, у которых самец может продолжать петь уже после образования пары, во время насиживания яиц и выкармливания птенцов. Территориальные звуковые сигналы известны у обезьян (например, гиббонов), у бесхвостых амфибий, у прямокрылых насекомых (например, кузнечиков). Встречаются также химические территориальные сигналы. Так, пахучие метки широко используют хищные млекопитающие из семейств псовых, кошачьих, куньих, а также некоторые амфибии. Территориальное поведение может выражаться в принятии определенных демонстрационных поз при встрече с другим представителем своего вида.

Если агрессивное поведение уменьшает плотность распределения особей, то агрегационное, наоборот, увеличивает ее. Такое поведение характерно, например, для колониальных млекопитающих и птиц, а также у многих насекомых, например, у тараканов, для которых известны так называемые агрегационные феромоны – летучие химические вещества, выделяемые этими насекомыми для привлечения себе подобных.

Поведенческие реакции нередко приводят не только к увеличению или уменьшению плотности распределения животных, но и к закономерному их перераспределению в пространстве. Практически у всех наземных позвоночных известны мельчайшие внутривидовые группировки особей, простые или сложные, постоянные или временные. Они состоят либо из брачующихся пар, либо из одной или пары взрослых особей с детенышами, либо из устойчивых семейных ячеек с молодым.

Мелкие, однородные пространственные группировки особей одного вида у растений принято называть ценопопуляциями. В какой-то мере они аналогичны демам животных. Иногда они представляют собой группы клонов, возникшие в результате вегетативного размножения.

Взаимодействия между особями одного вида называют гомотипическими реакциями, в противовес гетеротипическим реакциям – взаимодействиям между особями разных видов. К гомотипическим реакциям относятся, в частности, эффект группы, эффект массы и внутривидовая конкуренция. Эффект группы – это влияние группы как таковой и числа особей в группе на их поведение, физиологию и иногда морфологию. Например, широко известна фазовая изменчивость некоторых видов саранчовых, выражающаяся в том, что при достижении популяцией высокой плотности в ходе развития меняются и поведенческие, и морфологические признаки особей, которые образуют сначала пешие кулиги, а потом стаи, которые покидают исходную территорию и совершают миграции, иногда на многие сотни километров.

Эффект группы может иметь для особей и для популяции в целом как положительное, так и отрицательное значение. Иногда агрегированность дает явные биологические преимущества. Так, морские птицы, гнездящиеся в колониях, совместно более эффективно обороняют яйца и птенцов от различных хищников. Однако известны и его негативные последствия, выражающиеся, например, в замедлении развития (у головастика) или снижении плодовитости (у домовых мышей).

Оба типа использования территории можно, в свою очередь, дифференцировать на более мелкие подразделения, каждое из которых характеризуется совершенно особыми внутривидовыми отношениями. Кроме того, они связаны различными переходными формами. Иногда виды могут изменять тип использования территории в зависимости от внешних условий. Миграциями называют закономерные перемещения животных между различными средами обитания, пространственно отстоящими друг от друга. Они вызваны изменениями условий существования в местах обитания или изменениями

требований животных к этим условиям на разных стадиях развития (онтогенетические миграции). Миграции животных, вызываемые изменениями условий существования в местах обитания, могут быть периодическими (сезонные, суточные) и непериодическими.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое популяция? Как их классифицируют?
2. Назовите свойства, присущие популяциям как групповым объединениям.
3. В чем отличие статических и динамических показателей популяции?
4. Что такое численность и плотность популяции?
5. Охарактеризуйте основные типы структуры популяций.
6. Охарактеризуйте рождаемость, смертность и скорость роста популяции.
7. В чем отличия двух основных моделей роста популяции?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Колесников, С.И.** Экология / С.И. Колесников.- М.: Академцентр, 2008.- 315 с.
3. **Маринченко, А.В.** Экология./ А.В. Маринченко - М.: Дашков и К⁰, 2008.- 328 с.
4. **Лысов, П.К.** Биология с основами экологии./ П. К. Лысов.– М.: Высшая школа, 2007 – 655
5. **Пехов, А.П.** Биология с основами экологии / А.П. Пехов.- СПб/б: Лань, 2007 – 688 .

Дополнительная

1. **Виноградова, Н.Ю.** Глобальная экология /Н. Ю. Виноградова. - М.: Просвещение, 2001- 310 с.
3. **Гальперин, М.В.** Общая экология: учебник / М.В. Гальперин. - М.: ФОРУМ-ИНФРА, 2006.- 336 с.
4. **Ручин, А.Б.** Экология популяций и сообществ./ А.Б. Ручин - М.: Академия, 2008.- 352 с.
5. **Степановских, А.С.** Экология. /А.С. Степановских. – Курган: Зауралье, 1997.- 612
6. **Шамилева, И.А.** Экология: уч. пособие / И.А. Шамилева.- М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2004.- 144 с.
7. **Шилов, И.А.** Экология./ И.А. Шилов.- М.: Высшая школа., 2003. – 512 с.

ЛЕКЦИЯ 5

СОСТАВ ПОПУЛЯЦИИ (ПОЛОВОЙ, ВОЗРАСТНОЙ)

1.1 Динамические процессы в популяции

Основные показатели структуры популяций – численность, распределение организмов в пространстве и соотношение разнокачественных 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.

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.

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 рекомбинации 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.

Экологические и поведенческие различия между особями мужского и женского пола могут быть сильно выражены. 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. 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.

Особенно наглядно влияние условий среды на половую структуру популяций у видов с чередованием половых и партеногенетических поколений. У некоторых видов пол изначально определяется не генетическими, а экологическими факторами.

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. Возрастные различия в образе жизни часто приводят к тому, что отдельные функции целиком выполняются на определенной стадии развития. 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. Возрастная структура популяций имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает также силу воздействия факторов окружающей среды.

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. Виды с одновременным существованием различных генераций можно разделить на две группы: размножающиеся один раз в жизни и размножающиеся многократно.

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.

У видов с однократным размножением и короткими жизненными циклами в течение года сменяется несколько поколений. Одновременное существование разных генераций обусловлено растянутостью откладки яиц, роста и полового созревания отдельных особей. Это происходит как в результате наследственной неоднородности членов популяции, так и под влиянием микроклиматических и других условий. Одновременно встречаются представители двух и даже трех смежных поколений, но одно из них, очередное по срокам, всегда преобладает.

Еще сложнее возрастная структура популяций у видов с повторным размножением. При этом возможны две крайние ситуации: 1) продолжительность жизни во взрослом состоянии невелика и 2) взрослые живут долго и размножаются многократно. В первом случае ежегодно сменяется значительная часть популяции. Численность ее неустойчива и может резко изменяться в отдельные годы, благоприятные или неблагоприятные для очередного поколения. Возрастная структура популяции сильно варьирует.

Во втором случае возникает относительно устойчивая структура популяции, с длительным сосуществованием различных поколений. У видов с более высокой плодовитостью соотношение возрастных групп может быть иным, но общая структура популяции всегда остается достаточно сложной, включая представителей разных поколений и их разновозрастное потомство. Колебания численности таких видов происходят в небольших пределах.

Длительно размножающуюся часть популяции часто называют **запасом**. От размеров популяционного запаса зависят возможности восстановления численности. Та часть молодых, которые достигают половой зрелости и увеличивают запас, – это ежегодное *пополнение* популяции. У видов с одновременным существованием только одной генерации запас практически равен нулю и размножение осуществляется целиком за счет пополнения. Виды со сложной возрастной структурой характеризуются значительной величиной запаса и небольшой, но стабильной долей пополнения.

Анализ возрастной структуры помогает прогнозировать численность популяции на протяжении жизни ряда ближайших поколений. Такие анализы широко применяют, например, в рыбном хозяйстве для предвидения динамики промысловых стад.

Используют довольно сложные математические модели с количественным выражением воздействия на отдельные возрастные группы всех поддающихся учету факторов среды. Если выбранные показатели возрастной структуры совершенно правильно отражают реальное влияние среды на природную популяцию, получают высокодостоверные прогнозы, позволяющие планировать вылов на ряд лет вперед.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Половой и возрастной состав популяции. Половой диморфизм
- 2) Численность и плотность популяции.
- 3) Рост популяции. Кривые роста
- 4) Динамические процессы в популяциях: рождаемость. Смертность, выживаемость.
- 5) Численность и плотность популяции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бродский, А.К.** Краткий курс общей экологии / Бродский, А.К.. Спб: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. - 152 с.
2. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология. Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009. В 2-х т. Т.1. - 667 с., Т. 2. - 477 с.
3. **Галковская, Г.А.** Основы популяционной экологии / Галковская, Г.А. - Минск: Лексис, 2010. - 196 с.
4. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - 184 с.
5. **Дажо, Р.** Основы экологии / Дажо, Р. - М.: Прогресс, 2005. - 415 с.

Дополнительная

1. **Джиллер, П.** Структура сообществ и экологическая ниша / Джиллер, П. - М.: Мир, 1988. - 184 с.
2. **Дрё, Ф.** Экология / Дрё, Ф. Пер. с французского В.В.Алпатова. М.: Атомиздат, 1976. - 165 с.
3. **Кашкаров, Д.Н.** Экология животных / Кашкаров, Д.Н. - Л.: Наука, 1944. - 316 с.
4. **Лархер, В.** Экология растений / Лархер, В. - М.: Мир, 1978. - 412 с.
5. **Наумов, Н.П.** Экология животных / Наумов, Н.П. - М.: "Высшая школа", 1963. - 618 с.
6. **Нинбург, Е.А.** Введение в общую экологию (подходы и методы) / Нинбург, Е.А. - М.: ТНИ КМК, 2005. - 138 с.
7. **Новиков, Г.А.** Основы общей экологии и охраны природы / Новиков, Г.А. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. - 352 с.
8. **Одум, Ю.** Основы экологии / Одум, Ю. - М.: Мир, 1975.

ЛЕКЦИЯ 6

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ

6. 1. Внутривидовые взаимоотношения

Взаимоотношения организмов разнообразны. Они разделяются на горизонтальные — между организмами одного трофического уровня (как внутри вида, так и между видами) и вертикальные - между организмами разных трофических уровней. Взаимоотношения первого рода, как правило, носят характер конкуренции, но могут на некоторых этапах жизни организмов быть мутуализмом (т. е. взаимопомощью). Взаимоотношения второго рода более разнообразны: «фитофаг - растение», «хищник - жертва» (иногда эти два типа взаимоотношений объединяют, так как растения по существу тоже жертвы), «паразит — хозяин», мутуализм, комменсализм, аменсализм.

Конкуренция — это соревнование организмов одного трофического уровня (между растениями, между фитофагами, между хищниками и т.д.) за потребление ресурса, имеющегося в ограниченном количестве. Д. Тилман (Tilman, 1982, 1983) подчеркивает, что особую роль играет конкуренция за потребление ресурсов в критические периоды их дефицита (например, между растениями за воду в период засухи или хищниками за жертвы в неблагоприятный год). Конкуренция играет большую роль в определении видового состава экосистем.

У растений возможна конкуренция за свет, ресурсы почвы и за опылителей. На почвах, богатых ресурсами минерального питания и влагой, формируются густые сомкнутые растительные сообщества, где лимитирующим фактором, за который конкурируют растения, является свет. При дефиците в почве влаги или элементов минерального питания полог растений бывает разомкнутым и они не конкурируют за свет, а соревнуются за потребление почвенных ресурсов.

У животных конкуренция происходит за ресурсы пищи. Например, травоядные конкурируют за фитомассу. При этом конкурентами крупных копытных могут быть насекомые, подобные саранче, или мышевидные грызуны, способные в годы массового размножения уничтожить большую часть травостоя. Хищники конкурируют за жертвы.

Поскольку количество пищи зависит не только от экологических условий, но и от площади, где воспроизводится ресурс, конкуренция за пищу может перерасти в конкуренцию за занимаемое пространство, т. е. быть не только эксплуатационной, но и интерференционной. Большую роль в разделе территории играют сигнальные взаимоотношения.

Как и в отношениях между особями одной популяции, конкуренция между видами (их популяциями) может быть симметричной или асимметричной. При этом ситуация, когда условия среды одинаково благоприятны для конкурирующих видов, встречается довольно редко, и потому отношения асимметричной конкуренции возникают чаще, чем симметричной.

При флуктуирующих ресурсах, что обычно наблюдается в природе (увлажнение или элементы минерального питания для растений, первичная биологическая продукция для разных видов фитофагов, плотность популяций жертв для хищников), преимущества поочередно получают разные конкурирующие виды. Это также ведет не к конкурентному исключению более слабого, а к сосуществованию видов, которые попадают в более выгодную и менее выгодную ситуацию. При этом ухудшение

условий среды виды могут переживать при снижении уровня метаболизма или даже перехода в состояние покоя.

Кроме того, на исход конкуренции часто влияет то, какой из видов первым начал заселять экотоп. Это особенно характерно для маловидовых сообществ водных растений, где более слабый вид может удерживать занятое место, в силу того, что и он его занял первым. Впрочем, лотерея способна влиять и на состав сообществ с большим числом претендентов на свободное место. В тропическом лесу на одном гектаре может быть до 150 видов деревьев, и потому занять место выпавшей особи могут представители разных видов.

Конкуренция между видами протекает на фоне отношений с организмами других трофических уровней (хищниками и паразитами). Это также влияет на исход конкуренции, поскольку более привлекательный как пищевой ресурс вид имеет меньше шансов победить в конкуренции. В итоге в естественных экосистемах виды сосуществуют даже при наличии асимметричной конкуренции, которая должна была бы привести к вытеснению одного из видов. Конкурентное исключение чаще всего наблюдается только в искусственных условиях «микрокосма», когда два конкурирующих вида изолированы и помещены в условия стабильной среды (например, в смешанном посеве двух культурных растений с разными конкурентными возможностями).

В естественных экосистемах существуют и специальные механизмы, которые снижают конкуренцию. Главный механизм — дифференциация экологических ниш, при которой различные организмы используют разные ресурсы.

Паразиты — это организмы, которые питаются за счет организма хозяина. Это очень разнообразная группа организмов (животные, растения, грибы, бактерии), которую изучает специальная наука — паразитология.

Паразиты не убивают хозяина, а длительное время используют его как пищевой ресурс и убежище, сокращая при этом продолжительность жизни и плодовитость «организма-дома». Паразиты близки к хищникам-пастбищникам, но в отличие от последних, которые используют несколько жертв, паразит связан с одним организмом-хозяином (а если с несколькими, то меняет их в ходе жизненного цикла).

Различаются следующие группы паразитов.

Биотрофы и некротрофы. Биотрофы всю жизнь питаются за счет живого хозяина, а некротрофы губят его (или часть его тела, например лист растения) и завершают свою биографию как рассматриваемые далее детритофаги.

Микропаразиты и макропаразиты. Различаются по размерам. К микропаразитам относятся вирусы, бактерии, микроскопические грибы и простейшие, к макропаразитам — все прочие.

Истинные паразиты и паразитоиды. Истинные паразиты всю свою жизнь питаются за счет организма-хозяина (или нескольких хозяев, если в течение жизненного цикла переселяются из организма одного вида в другой). Паразитоиды (как правило, насекомые) на определенных стадиях жизненного цикла ведут свободный образ жизни (питаются, как фитофаги или зоофаги). После этого они откладывают яйца в тело организма-хозяина, в котором паразитируют личинки. Паразитоиды представляют переход к хищникам. Насекомые-паразитовды используются для биологического метода контроля насекомых-вредителей в сельском хозяйстве (трихограмма, теленомус-наездник и др.).

Эндотрофные и эктотрофные паразиты. Эндотрофные паразиты живут внутри организма-хозяина (глисты в кишечнике позвоночных, стеблевые нематоды в стеблях хлебных злаков), а эктотрофные - на поверхности организма-хозяина (блохи, вши,

клещи и др.). Особый случай эктотрофного паразитизма — образ жизни карликовых самцов глубоководных удильщиков, которые внедряются острыми зубами в тело самки, после чего тела хозяина и паразита сливаются воедино (объединяются даже кровеносные системы). Тело самки в 13 раз больше тела самца. Экологический смысл этой адаптации заключается в повышении вероятности оплодотворения. Удильщики живут в полной темноте, поэтому иные варианты поиска «спутника жизни» реализовать крайне сложно.

Суперпаразиты — «паразиты паразитов». Существуют супер паразиты от первого до четвертого порядка (их можно представить в виде матрешки), верхний уровень представлен бактериями или вирусами. В этом случае из паразитов формируется пищевая цепь. Эту матрешку очень точно описал Дж. Свифт: Под микроскопом он открыл, что на блохе живет блоху кусающая блошка; На блошке той - блошинка-крошка, в блошинку же вонзает зуб сердито блошиночка... и так ad infinitum.

Различаются группы паразитов и по сложности жизненного цикла. Одни виды паразитов передаются при непосредственном контакте особей хозяина (например, вирусы и бактерии, вызывающие болезни человека). Другие паразиты перед заражением основного хозяина, в теле которого они образуют потомство, проходят через один или несколько видов промежуточных хозяев (например, широкий лентец — паразит человека, но в течение жизненного цикла он проходит через стадии жизни в рачках-циклопах и рыбах).

В естественных экосистемах взаимоотношения «паразит — хозяин» являются одним из важных факторов поддержания экологического равновесия. Особенно велика их роль при контроле плотности популяций крупных животных, у которых нет естественных врагов-хищников (слон, бегемот, крокодил, лев и др.). При отсутствии паразитов их отношения с жертвами могли бы быть нарушены.

В процессе длительной коэволюции (взаимоприспособления) паразитов и хозяев вырабатываются специальные механизмы, которые позволяют им устойчиво сосуществовать.

Защитные реакции хозяев могут быть следующими:

- иммунный ответ организма, т. е. возникновение биохимических реакций, которые сдерживают массовое развитие паразитов;

- сбрасывание зараженных частей (это особенно характерно для растений-хозяев, которые сбрасывают сильно зараженные листья). В этом случае паразиты продолжают жить уже как детритофаги;

- выработка устойчивости к влиянию паразитов за счет быстрого роста здоровых тканей взамен пораженных (это имеет место при паразитировании тли);

- изоляция органов поражения как «зеленых островов» (формирование галлов у дуба, орешника и других растений после того, как насекомое-паразитоид отложит в ткани листа яйцо);

- уменьшение плотности популяций хозяев, что снижает вероятность распространения паразита и заражения им. Зараженные животные менее подвижны и становятся более легкой добычей хищников, которые таким образом снижают долю зараженных особей в популяции;

- формирование гетерогенных популяций хозяев, в составе которых есть экотипы, устойчивые к паразитам. Эти экотипы являются основой адаптивной селекции на повышение устойчивости культурных растений к грибковым заболеваниям.

В естественных экосистемах формирование экологического равновесия между популяциями паразитов и их хозяев - нормальное явление. При этом в отличие от

отношений «фитофаг - растение» или «хищник - жертва» оно возможно без третьего участника. В силу того, что паразиты связаны с ограниченным кругом хозяев, эта связь математически описывается проще, чем связь между хищниками и их жертвами. Во многих случаях проявляется модель Лотки-Вольтерра: плотность популяций обоих видов изменяется циклически, но пики плотности паразитов запаздывают по отношению к пикам плотности хозяев.

Мутуализм — это форма взаимоотношений организмов, при которых партнеры получают пользу.

Отношениями мутуализма связаны организмы, не конкурирующие за ресурсы. Мутуализм включает разнообразные Формы сотрудничества - от облигатного (симметричного или асимметричного), при нарушении которого гибнут оба или один из сотрудничающих партнеров, до факультативного, которое помогает выживать партнерам, но не является для них обязательным (так называемая *протокооперация*).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Определение понятия «Популяция».
- 2) Правило объединения в популяции.
- 3) Численность и плотность популяции.
- 4) Типы распределения или расселения особей внутри популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
2. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010. - 154 с.

Дополнительная

3. **Одум, Ю.** Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
4. **Чернова, Н.М.** Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988. – 297 с.

ЛЕКЦИЯ 7

ПОНЯТИЕ О БИОГЕОЦЕНОЗЕ

7.1. Видовая и пространственная структура биоценоза

Многообразные живые организмы встречаются на Земле не в любом сочетании, а в процессе совместного существования образуют биологические единства *сообщества*, или *биоценозы*.

Термином «биоценоз» (от лат. *биос* — жизнь, *ценоз* — общий) был предложен К. Мебиусом в 1877 г., когда он изучал устричные банки и приуроченные к ним организмы. По его определению, биоценоз — это «объединение живых организмов, соответствующее по своему составу, числу видов и особей некоторым средним уровням среды, объединение, в котором организмы связаны взаимной зависимостью и сохраняются благодаря постоянному размножению в определенных местах». Получило широкое распространение следующее определение: *биоценоз—это совокупность популяций всех видов живых организмов, населяющих определенную географическую территорию, отличающуюся от других соседних территорий по химическому составу почв, вод, а также по ряду физических показателей (высота над уровнем моря, величина солнечного облучения и т. д.)*. В состав биоценоза входят такие компоненты, как *растительный*. Он представлен тем или иным растительным сообществом — *фитоценозом*; животный компонент — *зооценоз*; *микроорганизмы*. Они образуют в почве, в водной или воздушной среде микробные биокомплексы — *микробиоценозы*. Конкретные сообщества складываются в строго определенных условиях окружающей среды (почва и грунтовые воды, климат, осадки).

Взаимодействуя с компонентами биоценоза (растениями, микроорганизмами и др.), почва и грунтовые воды образуют *эдафотоп*, а атмосфера — *климатоп*. Компоненты, относящиеся к неживой природе, образуют косное единство — *экотоп*. Относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом, называют *биотопом*.

Биоценоз и биотоп оказывают друг на друга взаимное влияние, выражающееся главным образом в непрерывном обмене энергией как между двумя составляющими, так и внутри каждой из них. Масштаб биоценологических группировок организмов весьма различен, от сообществ, например, подушек лишайников на стволах деревьев или разлагающегося пня до населения ландшафтов: лесов, степей, пустынь и т. д. По отношению к мелким сообществам (стволы или листва деревьев, моховые кочки на болотах, муравейники и др.) применяют такие термины, как «микросообщества», «биоценологические группировки», «биоценологические комплексы» и т. д.

Естественные объединения живых существ имеют собственные законы сложения, функционирования и развития. Важнейшими особенностями систем, относящихся к надорганизменному уровню организации жизни, по В. Тишлеру (1971), являются следующие.

1. Сообщества всегда возникают, складываются из готовых частей (представителей различных видов или целых комплексов видов), имеющих в окружающей среде. Способ их возникновения этим отличается от формирования отдельного организма, особи, которое происходит путем постепенного дифференцирования зачатков.

2. Части сообщества заменяемы. Один вид или комплекс видов может занять место другого со сходными экологическими требованиями, без ущерба для всей системы. Части (органы) же любого организма уникальны.

3. Сообщества существуют главным образом за счет уравнивания противоположно направленных сил. Интересы многих видов в биоценозе прямо противоположны. Так, хищники — антагонисты своих жертв, и тем не менее, они существуют вместе, в рамках единого сообщества.

4. Сообщества основаны на количественной регуляции численности одних видов другими.

5. Предельные размеры организма ограничены его внутренней, наследственной программой. Размеры иадоргаизменных систем определяются внешними причинами.

6. Сообщества часто имеют расплывчатые границы, иногда неуловимо переходя одно в другое. Однако они вполне объективно, реально существуют в природе.

Структура любой системы — это закономерности в соотношении и связях ее частей. Под *видовой структурой* биоценоза понимают разнообразие в нем видов и соотношение их численности или массы. Каждый конкретный биоценоз характеризуется строго определенным видовым составом. Везде, где условия абиотической среды приближаются к оптимальным для жизни, возникают богатые видами сообщества, например тропические леса, коралловые рифы, долины рек в аридных районах и др. Увеличение видового разнообразия по мере продвижения с севера на юг было сформулировано А. Уоллесом в 1859 г. и получило название *правило Уоллеса*. Оно касается как видов, так и составляющих ими сообществ. Видовой состав биоценозов зависит как от длительности их существования, так и истории каждого биоценоза.

Молодые, формирующиеся сообщества, как правило, имеют меньший набор видов, чем давно сложившиеся, зрелые. Биоценозы, созданные человеком (огороды, сады, поля и т. д.), обычно беднее видами по сравнению со сходными с ними природными системами (лесными, луговыми, степными). Однако даже самые обедненные биоценозы включают несколько десятков видов организмов, которые принадлежат к разным систематическим и экологическим группам. При этом одни виды биоценоза могут быть представлены многочисленными популяциями, а другие малочисленными. Отсюда следует, что в любом биоценозе можно выделить один или несколько видов, определяющих его облик. Так, облик лесного или степного биоценоза представлен одним либо несколькими видами растений. В бору — сосна, ель; в ковыльно-типчаковой степи — ковыль и типчак. Для оценки количественного соотношения видов в биоценозах в экологической литературе используют *индекс разнообразия*, вычисляемый по формуле Шеннона:

$$H = \sum p_i \cdot \log_2 P_i,$$

где Σ — знак суммы,

p_i — доля каждого вида в сообществе (по численности или массе),

$\log_2 P_i$ — двоичный логарифм p_i .

Для оценки роли отдельного вида в видовой структуре биоценоза используют разные показатели, основанные на количественном учете. *Обилие вида* — это число особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого пространства. Например, число птиц, гнездящихся на 1 км² степного участка, или число мелких ракообразных в 1 дм³ воды в водоеме и т. д. Для расчета обилия вида вместо числа особей иногда используют значение их общей биомассы. Обилие вида как показатель

изменяется во времени (сезонные, годовые и случайные колебания численности) и в пространстве (от одного биоценоза к другому). Точно определить обилие видов бывает не всегда легко. В связи с этим на практике нередко ограничиваются применением менее точной балльной оценки, выделяя пять степеней обилия: 0 — отсутствие; 1 — редко и рассеянно; 2 — нередко; 3 — обильно; 4 — очень обильно.

Частота встречаемости характеризует равномерность или неравномерность распределения вида в биоценозе. Рассчитывается как процентное отношение числа проб и учетных площадок, где встречается вид, к общему числу таких проб или площадок. Можно высчитать частоту для одной выборки и для всех выборок данного биоценоза и на этой основе построить гистограмму частот.

Постоянство. Представляет собой следующее отношение, выраженное в процентах:

$$C = \frac{p \cdot 100}{P}$$

где p — число выборок, содержащих изучаемый вид,
 P — общее число взятых выборок.

В зависимости от значения C есть следующие категории видов:

постоянные виды встречаются более чем в 50% выборок;

добавочные виды встречаются в 25—50% выборок;

случайные виды встречаются менее чем в 25% выборок.

Численность и встречаемость вида не связаны прямой зависимостью. Вид может быть малочисленным, но встречаемость довольно высокая, или многочисленным, но с низкой встречаемостью. В лесу, который состоит из десятков видов растений, обычно один или два из них дают до 90% древесины. Данные виды называют *доминирующими и доминантными*. Они занимают ведущее, господствующее положение в биоценозе. Наземные биоценозы, как правило, носят название по доминирующим видам: березовый лес, ковыльно-типчачовая степь, сфагновое болото.

Степень доминирования — это показатель, который отражает отношение числа особей данного вида к числу особей всех видов рассматриваемой группировки. Так, если из 200 птиц, зарегистрированных на данной территории, 100 составляют зяблики, степень доминирования этого вида среди птиц составит 50%.

Виды, живущие за счет доминантов, получили название *предоминантов*. К примеру, в сосновом лесу таковыми являются кормящиеся на сосне насекомые, белки, мышевидные грызуны.

Однако не все доминантные виды одинаково влияют на биоценоз. В биоценозе есть и так называемые *эдификаторы* — виды, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени создают среду для всего сообщества и без которых в связи с этим существование большинства других видов невозможно. Это строители сообщества. Удаление вида-эдификатора из биоценоза влечет за собой изменение физической среды, в первую очередь микроклимата биотопа. Эдификаторами наземных биоценозов выступают определенные виды растений: в березовых лесах — береза, в сосновых — сосна, в степях — злаковые растения (ковыль, типчак и т. д.). Ель в таежной зоне образует густые, сильно затененные леса. Под ее пологом могут обитать только растения, которые приспособлены к условиям сильного затенения, повышенной влажности воздуха, кислых оподзоленных почв. В соответствии с этим в еловых лесах формируется и специфичное население животных. В данном случае ель выступает в роли мощного эдификатора, обуславливающего определенный биоценоз.

В состав биоценоза кроме относительно небольшого числа видов-доминантов входит; как правило, значительное количество малочисленных и даже редких форм. Между численностью видов-доминантов и общим видовым составом сообщества имеется определенная связь. Со снижением числа видов обычно обилие отдельных форм резко повышается, ослабевают биоценотические связи, наиболее конкурентоспособные виды получают возможность беспрепятственно размножаться. Чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав сообщества и выше численность отдельных видов.

Все виды, слагающие биоценоз, в определенной степени связаны с доминирующими видами и эдификаторами. Внутри биоценоза формируются в той или иной степени тесные группировки, комплексы популяций, которые зависят от растений-эдификаторов или от других элементов биоценоза, создаются своеобразные структурные единицы биоценоза — консорции. Впервые термин «консорция» был введен Л.Г.Раменским(1952).

Консорция — это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с центральным видом — автотрофным растением. В роли центрального вида обычно выступает эдификатор — основной вид, который определяет особенности биоценоза. Популяции остальных видов консорции образуют ее ядро, за счет которого существуют виды, разрушающие органическое вещество, создаваемое автотрофами. Популяции автотрофного растения, например березы, на базе которого формируется консорция, называют *детерминантом*, а виды, объединенные вокруг него, — *консортами*.

Среди консортов имеются виды, которые получают от детерминанта питание и энергию или связаны с ним трофически (пищевыми связями), и есть виды, связанные топически (находящиеся на нем жилище и укрытие), т. е. располагающиеся на нем. Так, различные фитофаги (листоеды, поедающие древесину, плоды или пьющие соки) связаны с детерминантом трофически, в то время как эпифиты, хищники (насекомые, птицы) связаны топически. Нередко виды связаны с детерминантом трофически и топически, т. е. питающиеся их веществами и на нем же строящие свое жилье. Многие кон-сорты одновременно и сами являются детерминантами консорций. Так, белка, будучи консортом ели, имеет свою консорцию из хищников (куница), паразитов, располагающихся на ее теле или в ее гнезде, и организмов, питающихся ее выделениями и пометом. Входя в консорцию, белка вносит в нее и свою свиту, своих консортов.

Состав консорции — результат длительного процесса подбора видов, способных существовать в условиях местообитания детерминанта. Каждая консорция представляет собой особую структурную единицу биоценоза, экосистемы.

Пространственная структура биоценоза определяется сложением его растительной части — фитоценоза, распределением наземной и подземной массы растений. Заселение организмами того или иного биотопа определяется его экологическими факторами, и в первую очередь особенностями атмосферы, горной породы, почвы и ее вод. В ходе длительного эволюционного развития, приспособляясь к определенным абиотическим и биотическим условиям, живые организмы так разместились в биоценозе, что практически не мешают друг другу, их распределение носит ярусный характер.

Ярусность — это вертикальное расслоение биоценозов на равновысокие структурные части. Особенно четко она выражена в растительных сообществах (фитоценозах). Фитоценоз приобретает ярусный характер при наличии в нем растений,

которые различаются по высоте. Растения, особенно их органы питания (листья, окончания корней), располагаясь на разной высоте или глубине, легко уживаются в сообществе, что способствует увеличению числа организмов на единицу площади, ослаблению конкуренции между ними, более полному и разностороннему использованию условий среды. В лесу обычно выделяется пять—шесть ярусов.

Ярусы в биоценозе различаются не только высотой, но и составом организмов, их экологией и той ролью, которую они играют в жизни всего сообщества. В одном сообществе одни и те же виды в силу возрастных различий особей или частичного угнетения могут находиться в определенный период в разных ярусах. Например, всходы сосны, березы, пока они маленькие, располагаются в нижних ярусах леса. По мере роста при благоприятных условиях они займут свое место в верхнем ярусе

В растительных сообществах животные также приурочены преимущественно к определенному ярусу. Среди насекомых, например, выделяются следующие группы: обитатели почвы — *геобий*, наземного поверхностного слоя — *герпетобий*, мохового яруса — *бриобий*, травостоя — *филлобий*, более высоких ярусов — *аэробии*.

Виды растений и животных в большинстве случаев значительно различаются по своему отношению к условиям среды. Растения каждого нижележащего яруса теневыносливее, чем расположенные над ними. Это обусловлено тем, что освещение при переходе от верхних ярусов к нижним ослабевает и для световых растений становится недостаточным. Виды различных ярусов в биоценозе находятся в тесном взаимоотношении и взаимозависимости. Разрастание верхних ярусов сообщества уменьшает густоту нижних, зачастую до полного исчезновения слагающих их растений.

Вместе с тем разреживание верхнего яруса способствует усилению развития растений нижних ярусов из-за улучшения светового режима, влаги, тепла, а также повышению содержания минеральных веществ в почве. Разрастание нижних ярусов оказывает положительное влияние на животных и в количественном, и в качественном отношении.

Экологическая структура. Разнообразные формы биотических отношений, в которые вступают те или иные виды в биоценозе (конкуренция, комменсализм, мутуализм, хищник-жертва и др.), определяют основные условия их жизни в сообществе, возможности добывания пищи и завоевания нового пространства.

Прямые и косвенные межвидовые отношения по значению, которое они имеют для занятия видом в биоценозе определенного положения, по классификации В. Н. Беклемишева (1970), подразделяются на четыре типа: 1) трофические, 2) топические, 3) форические и 4) фабрические.

Трофические связи наблюдаются, когда один вид питается другим - либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности. Как стрекозы, ловящие на лету других насекомых, так и жуки-навозники, питающиеся пометом крупных копытных, и пчелы, собирающие нектар растений, вступают в прямую трофическую связь с видами, которые предоставляют им пищу. При конкуренции двух видов из-за объектов питания между ними возникает косвенная трофическая связь, вследствие того что деятельность одного отражается на снабжении кормом другого. Воздействие одного вида на поедаемость другого или доступность для него пищи расценивается так же, как косвенная трофическая связь между ними. Так, гусеницы бабочек-монашенков, объедая хвою сосен, облегчают короедам доступ к ослабленным деревьям.

Топические связи характеризуют любое физическое или химическое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Данный вид

связей отличается большим разнообразием. Топические связи заключаются в создании одним видом среды для другого (внутренний паразитизм или норовой комменсализм), в формировании субстрата, на котором поселяются или избегают поселяться представители других видов, во влиянии на движение воды, воздуха, изменение температуры, освещенности окружающего пространства, в насыщении среды продуктами насыщения и т. д. Морские желуди, поселяющиеся на коже китов, лишайники на стволах деревьев связаны прямой топической связью с организмами, представляющими им субстрат или среду обитания. Значительная роль в создании или изменении среды для других организмов принадлежит растениям. Из-за особенностей энергообмена растительность является мощным фактором перераспределения тепла у поверхности Земли и создания мезо- или микроклимата. Под пологом леса подлесок, напочвенный покров, животные находятся в условиях более выравненных температур, более высокой влажности воздуха и т. д. Хотя и в меньшей степени, травянистая растительность; также изменяет режим окружающего пространства.

В биоценозе трофические и топические связи имеют наибольшее значение, составляют основу его существования. Эти типы отношений удерживают друг возле друга организмы разных видов, объединяя их в сравнительно стабильные сообщества разных масштабов.

Форические связи — это участие одного вида в распространении другого. В роли транспортировщиков выступают животные. Как нами было отмечено ранее, перенос животными семян, спор, пыльцы растений называют *зоохорией*. Перенос же животными других, более мелких животных называют *форезией* (от лат. *форас*, — наружу, вон). Обычно перенос осуществляется с помощью специальных и разнообразных приспособлений. Форезия животных преимущественно распространена среди мелких членистоногих: например, у разнообразных групп клещей представляет собой один из способов пассивного их расселения. Она свойственна видам, для которых перенос из одного биотипа в другой жизненно необходим для сохранения или процветания.

Жуки-навозники нередко ползают с поднятыми подкрыльями, так как не в состоянии их сложить из-за густо усеявших тело клещей. При помощи форезии на насекомых распространяются некоторые виды нематод. Ноги навозных мух иногда имеют вид ламповых щеток из-за обилия прикрепившихся особей рода *Rhabditis*. Форезия среди крупных животных практически не встречается.

Фабрические связи — это такой тип биоценологических отношений, в которые вступает вид, используя для своих сооружений (фабрикация) продукты выделения или мертвые остатки или даже живых особей другого вида (В. Н. Беклемишев, 1970). Например, птицы употребляют для постройки гнезд ветви деревьев, листья, траву, шерсть млекопитающих, пух и перья других видов птиц и т. д. Пчела-мегахила помещает яйца и запасы в стаканчики, которые сооружены из мягких листьев различных кустарников (акация, сирени, шиповника и др.).

Каждый конкретный вид из-за сложности межвидовых взаимоотношений может преуспевать не везде, где складываются подходящие для него условия физической среды. Отмечают физиологический и синэкологический оптимумы в распространении вида.

Физиологический оптимум — благоприятное для вида сочетание всех видов абиотических факторов, при котором возможны наиболее быстрые темпы роста и размножения. *Синэкологический оптимум* — биотическое окружение, при котором вид испытывает наименьшее давление со стороны врагов и конкурентов, что позволяет ему

успешно размножаться. Физиологический и синэкологический оптимумы далеко не всегда совпадают. Большинство листостебельных растений — амфитолерантные формы с широким оптимумом от слабокислых до слабощелочных значений рН и с диапазоном толерантности от 3,5 до 8,5 рН при выращивании в одновидовых посевах. В естественном же распространении некоторые из них ограничены относительно низкими пределами рН. В таком случае их синэкологический оптимум не совпадает с физиологическим оптимумом.

В отличие от видов, которые могут выдерживать конкуренцию в пределах своего физиологического оптимума, некоторые виды оттесняются в места с меньшей интенсивностью конкуренции. Тогда они полностью используют границы своей толерантности по отношению рН почвы. В результате, например, такой амфитолерантный вид растения, как толокнянка, распространен в большинстве своем на кислых и щелочных почвах.

Межвидовые связи, формирующие биоценоз, обуславливают закономерные соотношения в нем видов, их экологических особенностей, численности, распределения в пространстве, или, можно сказать, позволяют создать определенную структуру биоценоза.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Дайте определение понятия биогеоценоз?
- 2) Пространственная структура биогеоценоза.
- 3) Биотоп и биоценоз, назовите отличия.
- 4) Назовите примеры видов эдификаторов.
- 5) Охарактеризуйте топические связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
2. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010. - 154 с.

Дополнительная

3. **Одум, Ю.** Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
4. **Чернова, Н.М.** Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988. – 297 с.

ЛЕКЦИЯ 8

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ

8.1 Источники и состав загрязнения гидросферы

Россия омывается водами 12 морей, принадлежащих трем океанам. На территории России находится свыше 2,5 млн. больших и малых рек, более 2 млн. озер. Водные ресурсы России слагаются из статических (вековых) и возобновляемых.

По территории России протекает свыше 120 тыс. рек длиной более 10 км и общей протяженностью свыше 2,3 млн. км. Около 90% годового речного стока России приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов и лишь 8% - на бассейны Каспийского и Азовского морей. Однако именно в бассейнах этих морей проживает более 80% населения России, сосредоточена основная часть хозяйственной инфраструктуры.

В России насчитывается более 2 млн. *пресных и соленых озер*. Среди них самое глубокое пресноводное озеро Байкал и наибольший по площади замкнутый солоноватый водоем Каспийское море. Основная часть ресурсов озерных пресных вод сосредоточена в озерах: Байкал (23 тыс. км³, или 20% мировых и 90% национальных запасов), Ладожское (903 км³), Онежское (285 км³), Чудско-Псковское (35,2 км³). В крупнейших водохранилищах России находится около 450 км³ пресной воды.

Ледники являются существенным аккумулятором воды, они сосредоточены в основном в приполюсных районах: в Антарктиде, на арктических островах, в том числе российского сектора Арктики, и в горных районах.

В настоящее время человечество использует 3,8 тыс. км³ воды ежегодно, причем можно увеличить потребление максимум до 12 тыс. км³. При нынешних темпах роста потребления воды этого хватит на ближайшие 25 — 30 лет. Выкачивание грунтовых вод приводит к оседанию почвы и зданий (в Мехико и Бангкоке) и понижению уровней подземных вод на десятки метров (в Маниле).

Каждый житель Земли в среднем потребляет 650 м³ воды в год (1780 л в сутки). Однако для удовлетворения физиологических потребностей достаточно 2,5 л в день, т.е. около 1 м³ в год. Большое количество воды требуется сельскому хозяйству (69 %) главным образом для орошения; 23 % воды потребляет промышленность; 6 % расходуется в быту.

Причины недостатка пресной воды. Проблема недостатка пресной воды возникает по нескольким причинам, основные из которых: неравномерное распределение воды во времени и пространстве, рост ее потребления человечеством, потери воды при транспортировке и использовании, ухудшение качества воды и ее загрязнение.

1. К антропогенным причинам истощения и загрязнения пресной воды относятся следующие: отбор поверхностных и подземных вод; водоотлив из шахт, Штолен; разработка месторождений - твердых полезных ископаемых, нефти и газа, промышленных вод, выплавка серы; урбанизация - жилая застройка, энергетические объекты (АЭС, ТЭЦ). Сильно загрязняют пресные воды предприятия промышленности: химической, пищевой, **целлюлозно-бумажной**, черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающей, строительных материалов, машиностроительной.

2. Рост потребления пресной воды населением на планете определяется в 0,5-2% в год. Потребление воды одним городским жителем южных районов России

составляет: в доме без канализации 75, в доме с канализацией 120, с газовым водонагревателем 210 и со всеми удобствами 275 л/сут., и при централизованном горячем водоснабжении 250-350 л/сут.

3. Потери пресной воды растут с ростом ее потребления на душу населения и связаны с использованием воды на хозяйственные нужды. Чаще всего это объясняется несовершенством технологии промышленного, сельскохозяйственного производства и коммунальных служб. Потери воды из водонесущих коммуникаций в городах России составляют 30-35%.

4. Ухудшение качества воды связано с попаданием продуктов деятельности человека как непосредственно в воду рек и другие поверхностные водоемы, подземные воды, так и через атмосферу и почвы. Ухудшение качества пресных вод наиболее опасно и становится угрожающим для здоровья людей и распространения жизни на Земле. Его крайним состоянием является катастрофическое загрязнение вод.

8.2. Опасные загрязнители гидросферы

Вода может иметь *загрязнения биологического характера*: бактерии, вирусы, водоросли, простейшие, черви и т. д. Бактерии образуют устойчивые взвеси, а водоросли — целые «подводные луга», на дне водоемов может быть много червей.

Основными *источниками загрязнения* являются промышленные и коммунальные канализационные стоки, смыв с полей части почвы, содержащей различные агрохимикаты, дренажные воды систем орошения, стоки животноводческих ферм, попадание в водоемы с осадками и ливневыми стоками аэрогенных загрязнений.

Среди загрязнителей воды *наибольшую опасность* представляют фенолы, нефть и нефтепродукты, соли тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды и другие органические яды, биогенная органика, насыщенная бактериями, минеральные удобрения и т. д. Общая масса основных антропогенных загрязнителей гидросферы достигла 15 млрд т в год. Большая часть этих загрязнителей приходится на реки, где средняя их концентрация достигла 400 мг/л.

Сброс канализационных стоков, особенно неочищенных или недостаточно очищенных, оказывает отрицательное влияние на круговорот органического вещества в водоеме, грозит опасностью инфекционных заболеваний, в первую очередь человека.

Биогены, поступающие в водоемы со сточными водами и смываемыми с полей удобрениями, стимулируют рост фитопланктона, водорослей.

Водоросли окрашивают воду в различные цвета и поэтому данный процесс называют и «цветением» водоемов. Под влиянием водорослей изменяется вкус воды, приобретает неприятный запах. В водоеме при отмирании водорослей развиваются гнилостные процессы. Бактерии, окисляющие органические вещества водорослей, потребляют кислород, создавая тем самым его дефицит в водоеме. Вода начинает гнить, испускать аммиачное и метановое зловоние, на дне скапливаются черные липкие сероводородные отложения. В процессе разложения отмирающие водоросли выделяют также фенол, индол и другие ядовитые вещества. От недостатка кислорода, пищи и убежищ гибнут рыба, моллюски, ракообразные. Вода в таких водоемах становится непригодна для питья и даже для купания.

Ртуть давно известна как яд. Главными симптомами заболевания являются сужение поля зрения и расстройство координации движений. В легких случаях отравление у людей вызывает бессонницу, неспособность воспринимать критику, страхи, головную боль, депрессию и неадекватные эмоциональные реакции.

Во время дождя ртуть вымывается из воздуха, куда она попадает при сгорании ископаемого топлива, дождевая вода смывает в водоемы, содержащие ртуть пестициды, попадает с бытовыми и промышленными сточными водами, а также в результате утечек со свалок, куда выбрасываются отработанные элементы питания, переключатели и другое оборудование. Далее ртуть, попавшая в озеро много лет назад, накапливается в слоях донного ила и грязи, где она медленно превращается бактериями в ядовитую метиловую ртуть и затем включается в пищевые цепи.

При попадании соединений ртути в водные экосистемы происходит, во-первых, ее *трансформация*, во-вторых, *биологическое накопление*, например в рыбе и моллюсках до уровней во много раз выше, чем в воде озера.

К одному из видов загрязнения природных вод относится и *тепловое загрязнение*. Промышленные предприятия, электростанции нередко сбрасывают в водоемы (водохранилища) подогретую воду, приводящую к повышению в них температуры. В водоемах с повышением температуры уменьшается содержание кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается биологическое равновесие, происходит смена видового состава организмов, например, водорослей.

С повышением температуры в загрязненной воде наблюдается бурное размножение болезнетворных вирусов и микроорганизмов.

В последние годы возникла опасность загрязнения вод Мирового океана и морей радиоактивными отходами, пестицидами. Пестициды и другие вредные вещества, в первую очередь агрохимикаты, под влиянием течений распространяются довольно быстро. Они обнаруживаются в различных районах Балтийского, Северного, Ирландского морей, в Бискайском заливе, у западных побережий Англии, Исландии, Португалии, Испании. Это отрицательно сказывается на живых организмах, особенно на рыбных запасах. Все больше загрязняются моря промышленными отходами и сточными водами, содержащими значительное количество органических отходов. Нередко реки играют роль продолжения канализации и выносят большую часть стоков в моря. Так, прибрежные государства Северного моря ежегодно сбрасывают в него около 20 000 т жидких и твердых отходов. В настоящее время в Северном море известны 10 постоянных мест «свалки» отходов. Отходы, попавшие в воды морей, частично оседают на дно, частично разрушаются, но при этом они губят большое количество живых организмов, особенно страдает планктон. На него обрушиваются все поверхностные загрязнители — поверхностно-активные вещества, масла, пленки нефтепродуктов и т. д.

Вода обладает чрезвычайно ценным свойством непрерывного самовозобновления под влиянием солнечной радиации и самоочищения. Оно заключается в перемешивании загрязненной воды со всей ее массой и в дальнейшем процессе минерализации органических веществ и отмирании внесенных бактерий. Агентами самоочищения являются бактерии, грибы и водоросли. Установлено, что в ходе бактериального самоочищения через 24 ч остается не более 50% бактерий, через 96 ч — 0,5%. Однако следует учитывать, что для обеспечения самоочищения загрязненных вод необходимо их многократное разбавление чистой водой. При сильном загрязнении самоочищения воды не происходит. В этих случаях необходимы специальные методы и средства для очистки загрязнений, поступающих со сточными водами, с отходами сельскохозяйственного производства. Сточные воды очищаются механическим, физико-химическим, биологическим и другими методами.

Для ликвидации бактериального загрязнения применяется обеззараживание, или дезинфекция, сточных вод. Сущность *механического метода* заключается в том, что из

сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. В зависимости от размеров грубодисперсные частицы улавливаются решетками и ситами различных конструкций, а поверхностные загрязнения — нефтеловушками, маслоуловителями, смолоуловителями и т. д. Механической очисткой можно достигнуть выделения из бытовых сточных вод до 60% нерастворимых примесей, а из производственных — до 95%.

Физико-химическая очистка состоит в добавлении к сточным водам химических реагентов, вступающих в реакцию с загрязняющими веществами и способствующих выпадению нерастворимых и частично растворимых веществ. В качестве адсорбентов применяют естественные и искусственные материалы. Естественные — это глины, торф, а искусственные — активированные угли. Из физико-химических методов широко применяется очистка воды от загрязнителей хлорированием

Хлор — наиболее эффективное средство для обеззараживания воды. Он убивает микроорганизмы и вступает в реакцию с аммиаком. Оставшийся в избытке хлор растворяется в воде, защищая тем самым воду от любого нового источника загрязнения.

Физико-химический метод очистки дает возможность уменьшить количество нерастворенных загрязняющих веществ сточных вод до 95% и растворенных до 25%.

Загрязненные сточные воды очищают также *электролитическим* методом (пропусканием электрического тока через загрязненные воды), с помощью *ультразвука, озона, ионообменных смол и высокого давления*.

Механический и физико-химический методы являются первыми этапами очистки сточных вод, после чего они направляются на биологическую очистку.

Метод биологической очистки заключается в минерализации органических загрязнений сточных вод при помощи аэробных биохимических процессов. После биологической очистки вода становится прозрачной, незагнивающей, содержащей растворенный кислород и нитраты. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, аэротенки и биологические пруды. В *биофильтрах* сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Эта пленка является действующим началом в биофильтрах. Благодаря ей интенсивно протекают процессы биохимического окисления.

Биологические пруды — это неглубокие земляные резервуары, обычно 0,5—1 м, в которых происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов. Они работают при температуре не менее 6°C. Обычно, их устраивают в виде 4—5 серий на местности, имеющей уклон. Располагают ступенями так, что вода из верхнего пруда самотеком направляется в нижерасположенный. *Поля фильтрации* предназначены только для биологической доочистки (очистки) сточных вод. На *полях орошения* одновременно с очисткой вод производится выращивание кормовых сельскохозяйственных культур или трав.

Решение проблемы предотвращения загрязнения водоемов сточными водами состоит в создании безотходных технологических процессов. Под термином «безотходная технология» понимают комплекс мероприятий, до минимума сокращающий количество вредных выбросов. Одним из главных потребителей и загрязнителей воды является сельскохозяйственное производство.

Вопросы для самоконтроля

1. Мировые запасы пресной воды.
2. Водные ресурсы Российской Федерации
3. Антропогенные причины загрязнения пресной воды
4. Какие причины недостатка пресной воды
5. С чем связано ухудшение качества пресной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
2. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2010. - 154 с.

Дополнительная

3. **Одум, Ю.** Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
4. **Чернова, Н.М.** Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей педагогических институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988. – 297 с.

ЛЕКЦИЯ 9

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ

9.1. Источники и состав загрязнения литосферы

Охрана почв от загрязнения является важной задачей человека, так как любые вредные соединения, находящиеся в почве, рано или поздно попадают в организм человека.

Во-первых, происходит постоянное вымывание загрязнения в открытые водоёмы и грунтовые воды, которые могут использоваться человеком для питья и других нужд.

Во-вторых, эти загрязнения из почвенной влаги, грунтовых вод и открытых водоёмов попадают в организмы животных и растений, употребляющих эту воду, а затем по пищевым цепочкам опять-таки попадают в организм человека.

В-третьих, многие вредные для человеческого организма соединения имеют способность аккумулироваться в тканях и прежде всего в костях.

По оценкам исследователей в биосферу поступает ежегодно около 20-30 млрд. т твердых отходов. Из них 50-60% органических соединений, а в виде кислотных агентов газового или аэрозольного характера - около 1 млрд. т.

Загрязнения почвы трудно классифицируются, в разных источниках их классификация даётся по-разному. Если обобщить и выделить главное, то наблюдается следующая картина по загрязнению почвы:

1. *Мусором, выбросами, отвалами, отстойными породами.* В эту группу входят различные по характеру загрязнители смешанного характера, включающие как твёрдые, так и жидкие вещества, не слишком вредные для организма человека, но засоряющие поверхность почвы, затрудняющие рост растений на этой площади.

Твердые отходы - твердые вещества, образующиеся в промышленном производстве, сельском и коммунальном хозяйстве и не используемые как сырье для производства. Наибольший вклад в накопление твердых отходов вносит промышленность: в результате производства образуются большие объемы шлаков, золы, пустой породы, шламов очистных сооружений и т. д. Большой объем твердых отходов образуется на предприятиях металлургического и строительного комплексов. В РФ к настоящему времени на санкционированных и несанкционированных свалках накоплено около 100 млрд т твердых отходов.

Особую опасность представляют токсичные твердые отходы (отходы промышленных производств, содержащие мутагенные и канцерогенные вещества, шламы гальванические, шламы коксохимических заводов и др.

Правительство РФ в июле 1996 г. приняло «Постановление о государственном регулировании и контроле трансграничных перевозок опасных отходов», в котором приведен список твердых отходов, импорт (транзит) которых на (через) территорию РФ запрещен, а экспорт подлежит государственному регулированию. По производству токсичных отходов РФ не является лидером. Из 338 тыс. т опасных твердых отходов мира мы производим только 20 тыс. т (США — 275 тыс. т). Уменьшение объема промышленных твердых отходов - одна из задач ресурсосбережения.

2. Тяжёлыми металлами. Данный вид загрязнений уже представляет значительную опасность для человека и других живых организмов, так как тяжёлые металлы нередко обладают высокой токсичностью и способностью к аккумуляции в организме. Наиболее распространённое автомобильное топливо - бензин - 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).

3. Пестицидами. Эти химические вещества в настоящее время широко используются в качестве средств борьбы с вредителями культурных растений и поэтому могут находиться в почве в значительных количествах. По своей опасности для животных и человека они приближаются к предыдущей группе. Именно по этой причине был запрещён для использования препарат ДДТ (дихлордифенил-фихлорметилметан), который является не только высокотоксичным соединением, но также обладает значительной химической стойкостью, не разлагается в течение десятков лет. Следы ДДТ были обнаружены исследователями даже в Антарктиде! Пестициды губительно действуют на почвенную микрофлору: бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли.

4. Радиоактивными веществами. Радиоактивные соединения стоят несколько обособленно по своей опасности, прежде всего потому, что по своим химическим свойствам они практически не отличаются от аналогичных нерадиоактивных элементов и легко проникают во все живые организмы» встраиваясь в пищевые цепочки. Из радиоактивных изотопов можно отметить в качестве примера наиболее опасный - ⁹⁰Sr (стронций-90). Данный радиоактивный изотоп имеет высокий выход при ядерном делении (2-8%), большой период полураспада (28,4 года), химическое сродство с кальцием, а, значит, способность откладываться в костных тканях животных и человека, относительно высокую подвижность в почве.

5. Минеральные и органические удобрения. Обеспечение населения продовольствием является одной из глобальных проблем современности. Сейчас эту проблему можно решить не за счет увеличения сельскохозяйственных угодий, а за счет интенсификации земледелия. Один из путей - использование минеральных и органических удобрений.

Организация охраны почв при широком использовании минеральных и органических удобрений должна быть направлена на сбалансированность вносимых масс удобрений, с учетом конкретных почв и растений. Внесение удобрений должно быть максимально приближено к тем стадиям развития растений, когда они наиболее нуждаются в данных питательных веществах. Основная задача охранных мероприятий должна быть направлена на предотвращение выноса удобрений с поверхностными и подземными водными стоками и на недопущение поступления избыточных количеств вносимых элементов в продукцию сельского хозяйства.

9.2. Опасные загрязнители литосферы

Твердые отходы в настоящее время чаще всего размещаются (депонированы) на поверхности литосферы на санкционированных и несанкционированных свалках или полигонах (Требования к ним обобщены в Федеральном Законе от 22.05.98 г.

Санкционированные свалки — разрешенные органами исполнительной власти на местах территории (существующие площадки) для размещения ТПрО и ТБО, но не обустроенные в соответствии с нормативными требованиями и эксплуатируемые с отклонениями от требований санитарно-эпидемиологического надзора. Являются временными и разрешаются до окончания строительства полигонов или заводов для утилизации отходов. К свалкам относят и временные шламохранилища, отвалы для

ТПрО. По санитарной классификации свалки являются объектами I класса и имеют санитарно-защитную зону (СЗЗ) не менее 1 км. В пределах СЗЗ не допускается жилищное строительство, размещение спортивных сооружений, парков, детских дошкольных учреждений, школ, оздоровительных учреждений, предприятий пищевой промышленности, комплексов водопроводных учреждений.

Полигон — природоохранное сооружение для централизованного сбора, обезвреживания отходов, обеспечивающее защиту от загрязнения атмосферы, почв, поверхностных и грунтовых вод, препятствующее распространению болезнетворных микроорганизмов.

Основные особенности полигонов:

- уплотнение отходов, позволяющее увеличить нагрузку на единицу площади;
- послойное укрытие отходов;
- меры по предотвращению проникновения сточных вод полигона в почву и подземные воды;
- сбор биогаза (при необходимости).

Работы на полигонах полностью механизированы, а после их закрытия производится рекультивация участка.

Очень важен характер грунтов и расположение грунтовых вод. Лучшими для основания полигона являются глины и тяжелые суглинки. Грунтовые воды должны быть на достаточной глубине (с учетом необходимости складирования отходов на высоту не менее 1 км. — из экономических соображений);

Все меры по снижению проникновения внешней влаги на полигон можно обобщить следующим образом:

1. Выбор участка с минимумом поверхностных и грунтовых вод.
2. Уклон укрытия для стока дождевых вод.
3. Озеленение законченной засыпки участка (карты).
4. Влагонепроницаемость покрытия.
5. Уплотнение отходов для уменьшения выщелачивания (щелочь образуется прежде всего за счет притока внешней воды).
6. Дренаж для грунтовых и поверхностных вод.

После закрытия полигона участок рекультивируют для дальнейшего использования. Основная мера — изоляция грунтом. Но и после этого использование участка может быть разрешено не ранее, чем через год.

Срок службы полигона может быть увеличен двумя способами: измельчением или прессованием (брикетированием) отходов до их захоронения. Эти способы могут применяться и вместе: измельчение улучшает качество брикетов. Измельчение достигается растиранием или рубкой, при этом объем уменьшается (до 50%) и облегчается депонирование. Материал становится гумусоподобным, запах и пожароопасность резко снижается.

В последние годы большое внимание уделяется брикетированию отходов — прессованию их в крупные блоки, которые затем депонируются, сжигаются или используются при строительстве. Брикетирование с целью сжигания и строительства требует предварительной сортировки, а для депонирования — чаще всего лишь удаления особо крупных отходов.

Брикетирование позволяет

- увеличивается срок действия полигона (по сравнению с засыпкой) в 2...3 раза;
 - облегчается эксплуатация (брикеты складываются, как кирпичи);
- и исключается ветровой разнос мусора;

- не привлекаются грызуны, мухи и птицы;
- нет пожарной опасности (брикеты не поджигаются паяльной лампой и бензином);
- просачивание воды внутрь брикетов практически отсутствует (в 20 раз меньше, чем для уплотненного грунта).

Захоронение токсичных отходов. В России накоплено более 1,5 млрд. т токсичных, экологически опасных отходов, которые хранятся в принадлежащих предприятиям хранилищах, накопителях, на складах, в могильниках, на полигонах, свалках и других объектах. В крупных городах и промышленных центрах все более обостряется проблема утилизации и уничтожения токсичных промышленных отходов, ставших серьезным источником загрязнения почвенного покрова, подземных водоносных горизонтов, являющихся источником питьевого водоснабжения.

В России нет ни одного предприятия (полигона) по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов, полностью отвечающего предъявляемым требованиям, не выпускается оборудование, предназначенное для этих целей.

Места организованного складирования и захоронения промышленных отходов зачастую не имеют необходимого обустройства, обеспечивающего фильтрацию вредных веществ в подземные горизонты, деградацию почвы, загрязнение воздушного бассейна. В частности, каждый четвертый из действующих в стране 10 тыс. специальных накопителей не имеет защитного экрана (покрытия), препятствующего загрязнению водоносных горизонтов.

Недалеко от Санкт-Петербурга хранится мощная химическая «бомба». Сотни тысяч особо токсичных отходов, содержащих мышьяк и фтор, ртуть и свинец, синильную кислоту и фосфор, — таков «арсенал» полигона «Красный Бор». Этот полигон, предназначенный для приема и обезвреживания промышленных химических отходов, был открыт в 1970 г. в порядке эксперимента сроком всего на три года, но используется и поныне, хотя его возможности полностью исчерпаны.

Методы

1- Наиболее перспективным представляется термический метод обезвреживания токсичных отходов. Уже разработаны технологические процессы и огнетехническое оборудование более чем для 50 предприятий, эксплуатируется свыше 10 установок.

Более широкие возможности у технологической схемы, в которой предусмотрено совместное термическое обезвреживание во вращающихся печах твердых и жидких отходов. Для отходов производства пластмасс, синтетических волокон разработаны камерные печи.

2 - Наиболее дешевый способ избавиться от своих отходов — экспорт в развивающиеся страны

3- Главным направлением в устранении вредного воздействия на окружающую среду токсичных промышленных отходов является их использование в производственных циклах, т.е. организация малоотходных производств. Однако в ряде случаев для нейтрализации промышленных отходов приходится устраивать специальные сооружения.

Эти сооружения могут быть в ведении предприятия, создающего токсичные отходы, и даже зачастую располагаются на его территории.

Токсичные промышленные отходы могут складироваться, перерабатываться и нейтрализоваться централизованно на полигонах и станциях переработки и нейтрализации. Существуют два вида специальных полигонов: для обезвреживания одного вида отходов захоронением или химическим способом, либо комплексные - для обезвреживания различных видов отходов. Территорию комплексных полигонов

разделяют на зоны приёма и захоронения твёрдых негорючих отходов, приёма и захоронения жидких химических отходов и осадков сточных вод, не подлежащих утилизации, захоронения особо вредных отходов, огневого уничтожения горючих отходов. На территориях полигонов и за их пределами ведётся контроль состояния поверхностных и грунтовых вод, а также чистоты воздушной среды.

Захоронения промышленных отходов производят в котлованах глубиной до 10-12 м в специальной таре, например, в железобетонных резервуарах. Котлованы располагают в водонепроницаемых грунтах.

Захоронение радиоактивных отходов. Отходы образуются на всех стадиях ЯТЦ: добычи, переработки сырья, изготовления тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов). Кроме того, радиоактивные изотопы применяются в медицине, биологии, промышленности. В силу высокой концентрации энергии в ядерном топливе, количество образуемых отходов, по сравнению с другими отраслями, сравнительно невелико, но, тем не менее, проблем здесь довольно много.

Сама технология выделения отходов, их концентрирование, прессование, заключение в цементные, битумные или стеклянные блоки - это целая отрасль атомной промышленности. Ещё более сложной и дорогостоящей является технология сжигания.

Главный вклад вносят, конечно, атомные электростанции. Особое место занимают отработавшие рабочие каналы - ТВЭЛы, которые содержат высокоактивные осколки деления, а также недовыгоревший уран и накопившийся плутоний. Они представляют собой наиболее активный тип отходов, а потому требуют к себе особого отношения.

Сегодня тепловыделяющие элементы подвергают захоронению, чаще всего прямо на территории АЭС. Хранят их в водной среде на достаточно большом удалении друг от друга. Таким образом, достигаются две цели: отводится тепло, выделяющееся при продолжающемся радиоактивном распаде, и исключается возникновение критического ансамбля, способного привести к взрыву.

Ещё одна технология захоронения. Рабочий канал освобождают от конструктивных элементов, не имеющих столь высокой активности, как ядерное горючее: от кожухов, крышек, колпаков и пр. Остаются только ТВЭЛы. Чтобы они занимали меньше места, их, например, скручивают в жгуты, помещают в медный контейнер, заливают свинцом, закрывают крышкой и заваривают. Медь слабо подвергается коррозии, поэтому контейнер может простоять без изменений сотни и даже тысячи лет. Правда, в металле могут со временем образоваться свищи и герметичность может нарушиться. Хранят эти контейнеры на дне океана, в глубинных геологических формациях, в соляных шахтах.

Соль обладает пластической текучестью. Под действием теплоты, выделяемой радиоактивными отходами, соль оплавляет контейнер, что является дополнительной защитой. Выбором места захоронения проблема не ограничивается, поскольку захоронение - инженерное сооружение, требующее наличия систем контроля, вентиляции, оснащения инженерно-техническими коммуникациями и т.д.

В целом вопрос, где хранить отходы, которые в течение многих тысячелетий будут радиоактивными, пока далёк от решения.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое промышленные отходы
- 2) Как происходит захоронение радиоактивных отходов
- 3) Захоронение токсических отходов

4) Методы захоронения токсических отходов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бродский, А.К.** Краткий курс общей экологии / Бродский, А.К.. Спб: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. - 152 с.
2. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология. Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009. В 2-х т. Т.1. - 667 с., Т. 2. - 477 с.
3. **Галковская, Г.А.** Основы популяционной экологии / Галковская, Г.А. - Минск: Лексис, 2010. - 196 с.
4. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - 184 с.
5. **Дажо, Р.** Основы экологии / Дажо, Р. - М.: Прогресс, 2005. - 415 с.

Дополнительная

1. **Джиллер, П.** Структура сообществ и экологическая ниша / Джиллер, П. - М.: Мир, 1988. - 184 с.
2. **Дрё, Ф.** Экология / Дрё, Ф. Пер. с французского В.В.Алпатова. М.: Атомиздат, 1976. - 165 с.
3. **Кашкаров, Д.Н.** Экология животных / Кашкаров, Д.Н. - Л.: Наука, 1944. - 316 с.
4. **Лархер, В.** Экология растений / Лархер, В. - М.: Мир, 1978. - 412 с.
5. **Наумов, Н.П.** Экология животных / Наумов, Н.П. - М.: "Высшая школа", 1963. - 618 с.
6. **Нинбург, Е.А.** Введение в общую экологию (подходы и методы) / Нинбург, Е.А. - М.: ТНИ КМК, 2005. - 138 с.
7. **Новиков, Г.А.** Основы общей экологии и охраны природы / Новиков, Г.А. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. - 352 с.
8. **Одум, Ю.** Основы экологии / Одум, Ю. - М.: Мир, 1975.
9. **Ошмарин, П.Г., Пикунов, Д.Г.** Следы в природе / Ошмарин, П.Г., Пикунов, Д.Г. - М.: Наука, 1990. - 294 с.
10. **Пианка, Э.** Эволюционная экология / Пианка, Э. - М.: Мир, 1981. - 399 с.
11. **Пономарева, И.Н.** Эволюционная экология / Пономарева, И.Н. - Л.: Наука, 1975. - 161 с.
12. **Реймерс, Н.Ф.** Основные биологические термины и понятия / Реймерс, Н.Ф. - М.: Просвещение, 1988. - 319 с.
13. **Розенберг, Г.С., Мозговой, Д.П., Гелашвили, Д.Б.** Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии / Розенберг, Г.С., Мозговой, Д.П., Гелашвили, Д.Б. - Самара: СНИЦ РАН, 1999. - 396 с.

ЛЕКЦИЯ 10

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

10.1. Источники и состав загрязнения атмосферы

Под *загрязнением* понимают привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно нехарактерных физико-химических и биологических веществ, агентов, оказывающих вредные воздействия на природные экосистемы и человека.

Различают естественные и искусственные (антропогенные) источники загрязнения атмосферы. Естественные загрязнения атмосферы происходят при извержении вулканов, выветривании горных пород, пыльных бурях, лесных пожарах (возникающих от ударов молнии), выносе морских солей, испарении болот. В атмосфере постоянно присутствует аэропланктон - бактерии (в том числе и болезнетворные), споры грибов, пыльца растений и др.

Антропогенные загрязнения привносятся в атмосферу в результате деятельности человека. Они подразделяются на:

1. Биологические загрязнители - отходы производств, связанные с органическими веществами, в том числе бактерии, вирусы;

2. Химические - изменяющие химические свойства среды (химические элементы, кислоты, щелочи);

3. Механические - не взаимодействующие со средой (пыль, сажа, аэрозоль и др.);

4. Физические - тепловые, шумовые, световые, электромагнитные, радиоактивные;

5. Микробиологические - вакцина, сыворотка, лекарство микробного происхождения.

По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, причем последние составляют около 90% от общей массы выбрасываемых в атмосферу веществ.

Природные источники загрязнения распределены равномерно по поверхности планеты, и они уравновешены обменом веществ. Настоящую опасность представляют антропогенные источники загрязнения. Они выбрасывают в атмосферу огромное количество отравляющих веществ, и это количество растёт с каждым днём. Источников антропогенного загрязнения атмосферы, вызывающих нарушения экологического равновесия в биосфере, множество. Однако самыми значительными из них являются два: транспорт и индустрия. Тысяча автомобилей с карбюраторным двигателем в день выбрасывают около 3 т угарного газа, 100 кг оксидов азота, 500 кг соединений неполного сгорания бензина.

При сжигании горючих ископаемых (угля, нефти, газа) большая часть содержащейся в них серы превращается в диоксид серы.

Индустрия является источником поступления в атмосферу различных загрязнителей. Прежде всего, это диоксид серы, оксиды углерода, аммиак, сероводород, фенол, хлор, углеводороды, сероуглерод, серная кислота, фторсодержащие соединения, аэрозольная пыль, тяжёлые металлы, радиоактивные соединения и многие другие вредные вещества. Помимо выбросов химических веществ, серьёзными загрязнителями атмосферы являются выбросы большого количества водяного пара, шум, электромагнитные излучения, тепловое загрязнение, в том числе выбросы нагретого воздуха.

10.2. Опасные загрязнители атмосферы

Парниковый эффект. Все виды солнечного излучения (от ультрафиолетового до инфракрасного) достигают земной поверхности и нагревают ее. Последняя переизлучает ранее накопившуюся тепловую энергию в виде ИК-излучения в Космос. Переизлученное ИК-излучение интенсивно поглощается некоторыми гадами (*CO₂*, *метан*, *NO*, фреонами). Указанные газы, называемые парниковыми, действуют в атмосфере, как стекло в парнике: они беспрепятственно пропускают к Земле солнечную радиацию, но задерживают тепловое излучение Земли. В результате повышается температура ее поверхности, изменяются погода и климат.

Под парниковым эффектом понимают возможное повышение глобальной температуры планеты в результате изменения теплового баланса, обусловленное постепенным накоплением парниковых газов в атмосфере.

Среднегодовая температура за последнее столетие выросла примерно на полградуса. Не исключено, что это наибольшая скорость глобальных изменений за прошедший миллион лет. За 100 лет уровень Мирового океана увеличился на 10...15 мм.

Парниковые газы. Основным парниковым газом является диоксид углерода. Его вклад в парниковый эффект, по разным данным, составляет от 50 до 65%. К другим парниковым газам относятся метан (около 20%), оксиды азота (примерно 5%), озон, фреоны (хлорфторуглероды) и другие газы (около 10—25% парникового эффекта)

1. Углекислый газ. Основным антропогенным источником поступления *CO₂* в атмосферу является сжигание углеродсодержащего топлива (уголь, нефть, мазут, метан и др.). В настоящее время в атмосферу выбрасывается более 25 млрд т *CO₂*.

США дает 23% *CO₂*, Россия- 19%, Зап. Европа – 14%, Вост. Европа – 7%.

2. Метан поступает в атмосферу при добыче газа, нефти и угля, производстве биогаза, из-за гниения органических остатков на залитых водой рисовых полях, роста численности крупного рогатого скота (сейчас на Земле 1 млрд голов крупного рогатого скота). Концентрация в воздухе метана растет ежегодно на 1,2—1,5 %. Сейчас его на 60% больше, чем было в доиндустриальную эру. К середине XXI в. ожидается удвоение концентрации метана в атмосфере.

3. Оксиды азота. С ростом применения в сельском хозяйстве азотных удобрений и в результате сгорания углеродсодержащих видов топлива при высоких температурах в ТЭС в атмосферу выбрасывается закись азота *N₂O*. Концентрация *N₂O* растет на 0,3 % в год.

4. Концентрация фреонов растет со скоростью 4 % в год. В целом к середине XXI в. парниковое влияние *CH₄*, *N₂O* и фреонов может быть равным эффекту удвоения концентрации *CO₂* в атмосфере.

Глобальное потепление климата и обусловленное им повышение уровня Мирового океана многими учеными рассматривается как величайшая катастрофа не только для отдельных экосистем, но и биосферы в целом:

1. В случае повышения уровня океана на 1,5—2 м под затопление попадает около 5 млн. км² земель, причем наиболее плодородных и густонаселенных. На них проживает около 1 млрд. человек и собирается почти треть урожая многих сельскохозяйственных культур. Вынужденные переселения народов вглубь материков чреваты военными конфликтами и социальными потрясениями.

2. Уменьшение различий температуры на полюсах и экваторе (в основном за счет более сильного потепления полюсов) вызовет, в свою очередь, подтаивание

вечномерзлых почв (таковых в России около 2 млн. км²) и высвобождение из них огромных количеств метана, что усилит парниковый эффект.

3. Изменение климата может оказать негативное влияние на здоровье людей как вследствие усиления теплового стресса в южных районах, так и из-за распространения многих видов заболеваний.

4. С ростом температуры возрастет и количество осадков. Ливни затопят тропики. Засушливые зоны сдвинутся на север. Площадь пустынь увеличится. Урожаи сократятся. Серьезные изменения климата произойдут в Скандинавии, Сибири и на севере Канады.

5. При глобальном потеплении на 2°C зона сплошной многолетней мерзлоты в нашей стране перестанет существовать, а зона лесотундры достигнет побережья Северного Ледовитого океана.

8. Для территории России такое потепление скажется на смещении зон, оптимальных для земледелия, на север и увеличении стока рек, текущих с севера на юг. Наряду с этим на севере и востоке России начнет оттаивать вечная мерзлота, что усложнит сохранение возведенных здесь строительных сооружений.

Кислотные дожди. В последние 15—20 лет возникла сложная и трудноразрешимая экологическая проблема кислотных дождей ($\text{pH} < 5,0$). При сжигании различных видов топлив, а также с выбросами различных предприятий в атмосферу поступает значительное количество оксидов серы и азота. При взаимодействии их с атмосферной влагой образуются азотная и серная кислоты. К ним примешиваются органические кислоты и некоторые соединения, что в сумме дает раствор с кислой реакцией.

Согласно расчетам, доля диоксида серы в образовании кислых осадков составляет около 70%. Кислоты выпадают на поверхность суши или водоемов в виде кислотных дождей или иных атмосферных осадков. Отмечены случаи выпадения осадков с pH 2,2—2,3; что соответствует кислотности уксуса. Общее количество выбросов SO_2 и NO_2 в мире ежегодно составляет более 250 млн. т.

В России очаги образования приходятся на Кольский полуостров, Норильск, Челябинск, Красноярск и другие районы.

Отрицательное влияние кислых осадков разнообразно: почвы, водные экосистемы, растения, памятники архитектуры, строения и другие объекты в той или иной степени страдают от них.

Действие кислых осадков на почвы наиболее ощутимо проявляется в северных и тропических районах. Для первых это связано с тем, что подкисляются и без того кислые (подзолистые и их разновидности) почвы. Они, как правило, не содержат природных соединений, нейтрализующих кислотность (карбонат кальция, доломит и др.). Почвы в тропиках хотя и имеют нейтральную и щелочную реакцию, но также не содержат веществ — нейтрализаторов кислотности (из-за интенсивного и постоянного промывания дождями).

Поступая в почву, кислые осадки увеличивают подвижность и вымывание катионов, снижают активность редуцентов, азотофиксаторов и других организмов почвенной среды. При pH 5 и ниже, в почвах резко возрастает растворимость минералов, из них высвобождается алюминий, который в свободной форме ядовит. Кислые осадки также повышают подвижность тяжелых металлов (кадмия, свинца, ртути).

Действие кислых осадков и атмосферных загрязнений на леса способствует выщелачиванию из растений биогенов (особенно кальция, магния и калия), сахаров, белков, аминокислот. Кислые осадки повреждают защитные ткани, увеличивают вероятность проникновения через них патогенных бактерий и грибов, способствуют

появлению всплесков численности насекомых. Такие воздействия имеют конечным результатом снижение продуктивности фитоценозов, а нередко и их массовую гибель. Накоплено много данных об отрицательном влиянии кислых осадков на растения через почву, прежде всего в результате увеличения подвижности алюминия и тяжелых металлов. Свободный алюминий повреждает молодые корни, создает очаги для проникновения в них инфекции, а также вызывает преждевременное старение деревьев (болезнь Альцгеймера).

Для уменьшения выбросов сернистого газа предлагаются следующие меры.

1. Промывка угля после измельчения. Это приводит к удалению 50 — 90% соединений серы — пирита и к увеличению стоимости электроэнергии примерно на 10%.

2. Химическое удаление серы — десульфурация. В этом случае затраты на производство электроэнергии возрастут на 15 — 25%. В США в около 50 % угля, используемого на ТЭС, подвергалось очистке. Во Франции и Великобритании очищается весь уголь.

3. Замена угля на низкосернистые виды топлива: нефть и газ.

4. Сжигание угля в псевдосжиженном слое в смеси с песком и известью, которая постоянно как бы кипит под действием вдуваемого снизу воздуха. В результате сера соединяется с известью и удаляется с золой.

5. Использование скрубберов — жидких фильтров, содержащих водный раствор извести, для газообразных продуктов сгорания.

10.3. Последствия загрязнения атмосферы

Истощение озонового слоя. Озоновый слой находится на высоте 20-25 км над уровнем моря. Если его сжать, то его толщина 3 мм. Стратосферный озоновый слой защищает людей и живую природу от жесткого ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения в ультрафиолетовой части солнечного спектра. Каждый потерянный процент озона в масштабах планеты вызывает до 150 тыс. дополнительных случаев слепоты из-за катаракты, на 10 тыс. увеличивает число раковых заболеваний кожи. Установлено, что жесткий ультрафиолет подавляет иммунную систему организма.

Запуск мощных ракет, ежедневные полеты реактивных самолетов в высоких слоях атмосферы, испытания ядерного и термоядерного оружия, ежегодное уничтожение природного озонатора — миллионов гектаров леса — пожарами и хищнической рубкой, массовое применение фреона в технике, парфюмерной и химической продукции в быту — главные факторы, разрушающие озоновый экран Земли,

Механизм действия фреонов таков: попадая в верхние слои атмосферы, эти вещества, инертные у земной поверхности, преобразуются. Под воздействием ультрафиолетового излучения химические связи в молекулах ХФУ нарушаются. В результате выделяется хлор, который при столкновении с молекулой озона вышибает из нее один атом. Озон перестает быть озоном, превращается в обычный кислород. Хлор же, соединившись временно с кислородом, вскоре опять оказывается свободным и «пускается в погоню» за следующей «жертвой». Его активности хватает, чтобы разрушить десятки тысяч молекул озона.

Из других техногенных причин разрушения озонового слоя называют уничтожение лесов, как основных поставщиков кислорода в атмосферу. Зарегистрировано также разрушение озона при ядерных взрывах в атмосфере, крупных пожарах и других

явлениях, сопровождающихся поступлением в верхние слои атмосферы оксидов азота и некоторых углеводородов. Установлено также, что уничтожают озон полеты сверхзвуковых самолетов в стратосфере, запуски космических ракет. Только один запуск авиакосмической системы «Шаттл» приводит к потерям 10 млн. т озона. 300 таких запусков в год — и практически весь озон будет уничтожен.

В последнее время ученые высказывают предположение о существенном вкладе природных явлений в процессы разрушения озона и возникновении «озоновых дыр». К таковым относятся, например, 11-летние циклы солнечной активности, выход озоноразрушающих газов (водород, метан) из разломов земной коры, наличие своеобразных восходящих вихрей над Антарктидой, способствующих рассеиванию озона.

Крайне опасные для человека и многих животных последствия истощения озонового экрана — увеличение числа заболеваний раком кожи и катарактой глаз. Из-за уменьшения концентрации озона только на 1 % происходит увеличение интенсивности УФ-излучения у поверхности Земли на 15%. В свою очередь, это, согласно официальным данным ООН, приводит к появлению в мире 100 тыс. новых случаев катаракты и 10 тыс. случаев рака кожи, а также вызывает снижение иммунитета как у человека, так и у животных.

Вопросы для самоконтроля

1. Причины истощения озонового слоя. Пути решения проблемы
2. Причины возникновения парникового эффекта. Пути решения
3. Причины возникновения кислотных дождей . Пути решения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бродский, А.К.** Краткий курс общей экологии / Бродский, А.К.. Спб: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. - 152 с.
2. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология. Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009. В 2-х т. Т.1. - 667 с., Т. 2. - 477 с.
3. **Галковская, Г.А.** Основы популяционной экологии / Галковская, Г.А. - Минск: Лексис, 2010. - 196 с.
4. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - 184 с.

Дополнительная

1. **Джиллер, П.** Структура сообществ и экологическая ниша / Джиллер, П. - М.: Мир, 1988. - 184 с.
2. **Дрё, Ф.** Экология / Дрё, Ф. Пер. с французского В.В.Алпатова. М.: Атомиздат, 1976. - 165 с.
3. **Кашкаров, Д.Н.** Экология животных / Кашкаров, Д.Н. - Л.: Наука, 1944. - 316 с.
4. **Лархер, В.** Экология растений / Лархер, В. - М.: Мир, 1978. - 412 с.
5. **Наумов, Н.П.** Экология животных / Наумов, Н.П. - М.: "Высшая школа", 1963. - 618 с.

ЛЕКЦИЯ 11

ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС

11.1 Технологические революции

Кризис - одно из состояний среды, природы или биосферы в целом. Ему предшествуют или за ним следуют другие состояния и сопутствующие им экологические ситуации.

Под экологическим кризисом понимают изменения биосферы или ее частей на значительном пространстве, сопровождающиеся трансформацией среды и систем в целом новое качество. В настоящее время термин «кризис» используется также часто, как термины «загрязнение среды», дефицит ресурсов.

Первая технологическая революция. Эта революция называется также *неолитической*, или *сельскохозяйственной*.

Вторая технологическая революция, которая называется *промышленной*, началась в XVIII в. в Англии. Эта технологическая революция позволила резко увеличить объем и характер производства.

Современная *научно-техническая революция* (НТР) — третья технологическая революция в истории человечества — началась 6 августа 1945 г., когда над японским городом Хиросима была взорвана американская атомная бомба. С этого момента наступила атомная эра, которая сопровождалась как разработкой ядерного оружия и его испытаниями в атмосфере и под землей, так и созданием атомной энергетики. В это же время (во второй половине 40-х годов XX в.) была создана первая электронно-вычислительная машина (ЭВМ). ЭВМ, а затем персональные ЭВМ (ПЭВМ) в настоящее время завоевали мир, став неотъемлемой частью новых технологических процессов.

11.2. Масштабы экологического кризиса, глобальные проблемы человечества

Масштабы современной деятельности человечества не имеют подобия в истории планеты. За 80 лет (с начала XX в.) из недр Земли было извлечено полезных ископаемых больше, чем за всю историю цивилизации, начиная с палеолита. Более половины добытой за эти годы железной руды, свыше 2/3 нефти, природного газа, калийных солей, фосфоритов, 3/4 бокситов взято из Земли за 20 лет (с 1960 по 1980 г.).

Распахивая почву, человек ежегодно перемещает массу земли (объемом 4 тыс. км³), примерно в 3 раза превосходящую массу всех вулканических продуктов, поднимающихся из недр планеты за тот же срок, и в 200 раз больше, чем сносится в моря и океаны текущими водами.

11.3. Проблема перенаселения, демографическая ситуация в России

Средняя продолжительность жизни женщин составляет в 72 года, мужчин — 60 лет. Сегодня только один 20-летний россиянин из двух имеет шанс дожить до 60 лет. (В странах Европейского союза средняя продолжительность жизни мужчин составляет 73,8 года, а женщин — 80,6). Такая ситуация в России объясняется снижением

жизненного уровня и медицинского обслуживания, пьянством и курением значительной части населения.

Высокие темпы роста народонаселения создают большие материальные и социальные проблемы: обеспечение населения водой, продовольствием, жильем, работой, расширение системы образования.

Из-за роста населения резко обострилась проблема трудоустройства. Внедрение новых трудосберегающих технологий лишь усложняет решение проблемы безработицы.

Увеличение населения начало оказывать необратимое воздействие на окружающую среду. Оно включает в себя непрекращающийся рост городов, деградацию земельных и водных ресурсов, интенсивное обезлесение, развитие парникового эффекта. Необходимы решительные действия по ограничению роста населения, борьбе с нищетой и охране природы.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Природные ресурсы и их классификация
- 2) Воздействия человека на природные системы
- 3) Природно-ресурсный потенциал России
- 4) Экологическое состояние гео – и экосистем и его оценка
- 5) Каковы связи и отличия природопользования и природо- обустройства внутри системы «общество - природа»?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Бродский, А.К.** Краткий курс общей экологии / Бродский, А.К.. Спб: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. - 152 с.
2. **Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.** Экология. Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009. В 2-х т. Т.1. - 667 с., Т. 2. - 477 с.
3. **Галковская, Г.А.** Основы популяционной экологии / Галковская, Г.А. - Минск: Лексис, 2010. - 196 с.
4. **Гиляров, А.М.** Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - 184 с.

Дополнительная

1. **Нинбург, Е.А.** Введение в общую экологию (подходы и методы) / Нинбург, Е.А. - М.: ТНИ КМК, 2005. - 138 с.
2. **Одум, Ю.** Основы экологии / Одум, Ю. - М.: Мир, 1975.
3. **Пономарева, И.Н.** Эволюционная экология / Пономарева, И.Н. - Л.: Наука, 1975. - 161 с.
4. **Розенберг, Г.С., Мозговой, Д.П., Гелашвили, Д.Б.** Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии / Розенберг, Г.С., Мозговой, Д.П., Гелашвили, Д.Б. - Самара: СНЦ РАН, 1999. - 396 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алпатъев, А.М.* О принципиальных основах охраны природы Земли // Вопросы охраны природы и рационального использования природных ресурсов / Алпатъев, А.М. - Л., 1998. – 254 с.
2. *Астраханцев, Г.П., Менишуткин, В.В., Петрова, Н.А.* Моделирование экосистем больших стратифицированных озер / Астраханцев, Г.П., Менишуткин, В.В., Петрова, Н.А. – М.: Наука, 2003. – 363 с.
3. *Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К.* Экология: Особи, популяции и сообщества / Бигон, М., Харпер, Дж., Таунсенд, К. - М.: Мир, 2009, в 2-х томах.
4. *Биология: жизнь, гены, клетка, онтогенез, человек.* Т. 1, М., 2001. – 300 с.
5. *Бобылев, С. Н., Гирусов, Э. В., Перелет, Р. А.* Экономика устойчивого развития. Учебное пособие / Бобылев, С. Н., Гирусов, Э. В., Перелет, Р. А. - Изд-во ступени, Москва, 2004, 303 с., isbn 5-94713-046-7
6. *Большой энциклопедический словарь.* Биология. М., 1998. – 600 с.
7. *Бродский, А.К.* Краткий курс общей экологии / Бродский, А.К. - СПб: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. - 152 с.
8. *Вернадский, В.И.* Биосфера / Вернадский, В.И.// Избр. соч. Т. V. М., 1960. – 432 с.
9. *Вернадский, В.И.* Биосфера и ноосфера // Б-ка трудов акад. В.И. Вернадского. Живое вещество и биосфера / Вернадский, В.И. - М., 1994. – 400 с.
10. *Вернадский, В.И.* Несколько слов о ноосфере //Тр. биогеохим. лаборатории / Вернадский, В.И. - Т. 16. М., 1980. – 367 с.
11. *Вернадский, В.И.* Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление / Вернадский, В.И. - М., 1977. – 348 с.
12. *Видяпин, В.И., Журавлева, Г.П.* Экономическая теория (политэкономия) / Видяпин, В.И., Журавлева, Г.П. – М.: ИНФРА, 1999. – 286 с.
13. *Галковская, Г.А.* Основы популяционной экологии / Галковская, Г.А. - Минск: Лексис, 2010. - 196 с.
14. *Гвишиани, Д. М.* Мосты в будущее / Гвишиани, Д. М. - Институт системного анализа, УРСС, Москва, 2004. – 199 с.
15. *Гиляров, А.М.* Популяционная экология / Гиляров, А.М. - М.: Изд-во МГУ, 2010. - 184 с.
16. *Дажо, Р.* Основы экологии / Дажо, Р. - М.: Прогресс, 2009. - 415 с.
17. *Данилов-Данильян, В.И., Горшков, В.Г., Арский, Ю.М., Лосев, К.С.* Окружающая среда между прошлым и будущим: Мир и Россия / Данилов-Данильян, В.И., Горшков, В.Г., Арский, Ю.М., Лосев, К.С.// Экое Информ. 1994, № 5-6.
18. *Дедю, И.И.* Экологический энциклопедический словарь / Дедю, И.И. - Кишинев. 1990. – 364 с.
19. *Джиллер, П.* Структура сообществ и экологическая ниша / Джиллер, П. - М.: Мир, 1988. - 184 с.
20. *Дрё, Ф.* Экология / Дрё, Ф. Пер. с французского В.В.Алпатова. М.: Атомиздат, 1976. - 165 с.
21. *Заренков, Н. А.* Лекции по теории систематики / Заренков, Н. А. - М., 2006. – 192 с.
22. *Зубаков, В.А.* XXI век. Сценарии будущего: анализ последствий глобального экологического кризиса / Зубаков, В.А. - СПб, 1995. – 208 с.
23. *Кашкаров, Д.Н.* Экология животных / Кашкаров, Д.Н. - Л.: Наука, 1944. - 316 с.
24. *Киселёв, В.Н.* Основы экологии: Учебное пособие – МН.: 2008. – 400 с.
25. *Крылатых, Э.Н., Строкова, О.Г.* Аграрные аспекты вступления стран СНГ в ВТО / Крылатых, Э.Н., Строкова, О.Г. - Москва, 2002 г .
26. *Лапо, А.В.* Следы былых биосфер / Лапо, А.В. - М., 1987. – 205 с.
27. *Лархер, В.* Экология растений / Лархер, В. - М.: Мир, 1978. - 412 с.
28. *Маталкин, А. И.* Биологическая систематика / Маталкин, А. И. - М., 2008. – 241 с.
29. *Миркин, Б. М., Наумова, Л.Г.* Устойчивое развитие. Учебное пособие / Миркин, Б. М., Наумова, Л.Г. - Уфа: РИЦ Баш ГУ, 2009, - 148 с.

30. *Наумов, Н.П.* Экология животных / Наумов, Н.П. - М.: "Высшая школа", 1963. - 618 с.
31. *Нинбург, Е.А.* Введение в общую экологию (подходы и методы) / Нинбург, Е.А. - М.: ТНИ КМК, 2005. - 138 с.
32. *Новиков, Г.А.* Основы общей экологии и охраны природы / Новиков, Г.А. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. - 352 с.
33. *О некоторых вопросах поддержания качества воды и ее самоочищения* // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 3. С. 337-347.
34. *Одум, Ю.* Основы экологии / Одум, Ю. - М.: Мир, 1975. - 542 с.
35. *Одум, Ю.* Экология / Одум, Ю. - М.: Мир, 1986, в 2-х томах.
36. *Ошмарин, П.Г., Пикунов, Д.Г.* Следы в природе / Ошмарин, П.Г., Пикунов, Д.Г. - М.: Наука, 1990. - 294 с.
37. *Перелет, Р.* Экологическая дипломатия / Перелет, Р. *Международная жизнь*, 10, 1988 <http://www.xserver.ru/user/ekobp/>
38. *Перелет, Р. А.* Выявление показателей устойчивого развития // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов / Перелет, Р. А. - Винити —1995. — № 6
39. *Петров, К.М.* Общая экология / Петров, К.М. - Изд "Химия", СПб, 2000. - 376 с..
40. *Пианка, Э.* Эволюционная экология / Пианка, Э. - М.: Мир., 1981. - 399 с.
41. *Пономарева, И.Н.* Эволюционная экология / Пономарева, И.Н. - Л.: Наука, 1975. - 161 с.
42. *Радкевич, В.А.,* Экология: Учебник. – 3-е изд., переработано и дополнено / Радкевич, В.А. – Мн.: Высшая Школа, 2007. – 354 с.
43. *Реймерс, Н.Ф.* Основные биологические термины и понятия / Реймерс, Н.Ф. - М.: Просвещение, 1988. - 319 с.
44. *Розенберг Г.С.* Волжский бассейн на пути к устойчивому развитию / Розенберг Г.С. - Тольятти. 2009. - 477 с.
45. *Розенберг, Г.С., Мозговой, Д.П., Гелашвили, Д.Б.* Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии / Розенберг, Г.С., Мозговой, Д.П., Гелашвили, Д.Б. - Самара: СНЦ РАН, 1999. - 396 с.
46. *Сердюцкая, Л.Ф.* Системный анализ и математическое моделирование экологических процессов в водных экосистемах / Сердюцкая, Л.Ф. – М.: Либроком, 2009. – 144 с.
47. *Серова, Е.В.* К вопросу о продовольственной безопасности России / Серова, Е.В.
48. *Скворон, С.* Развитие теории эволюции / Скворон, С. - М., 1965.- 162 с.
49. *Техногенное загрязнение речных экосистем.* – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
50. *Указ президента РФ от 1 апреля 1996 г. N 440 "О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию".*
51. *Устойчивое экологобезопасное развитие: курс лекций/* под ред. А. Д. Урсула. — М.: издательство PARC, 2001. – 169 С.
52. *Чернова, Н.М., Былова, А. М.,* Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов / Чернова, Н.М., Былова, А. М. – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988.- 321 с.
53. *Шилов, И.А.* Экология / Шилов, И.А. - М., Высшая школа. 1997. – 400 с.
54. *Экономика.* Учебник / Под ред. А.И. Архипова. – М.: Проспект, 1998. – 750 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Экология как наука	4
1.1. Предмет экологии.....	4
1.2. Глобальные и государственные экологические проблемы на современном этапе.....	5
Вопросы для самоконтроля.....	8
Список литературы.....	8
Лекция 2. Биосфера, ее структура и эволюция	9
2.1 Основные положения учения В.И. Вернадского о биосфере Вопросы для самоконтроля.....	9
Список литературы.....	14
Лекция 3. Основные среды жизни, их физическая характеристика и адаптация к ним организмов	15
3.1. Среда жизни и адаптации к ним организмов Вопросы для самоконтроля.....	15
... Список литературы.....	18
Лекция 4. Понятие о популяциях, классификация популяций	19
4.1 Численность и плотность популяций.....	19
4.2 Методы учета численности и плотности Вопросы для самоконтроля.....	21
Список литературы.....	23
Лекция 5. Состав популяции: половой, возрастной	24
1.1 Динамические процессы в популяции.....	24
Вопросы для самоконтроля.....	26
Список литературы.....	26
Лекция 6. Пространственная структура популяций	27
... 6.1. Внутривидовые взаимоотношения Вопросы для самоконтроля.....	27
Список литературы.....	30
Лекция 7. Понятие о биогеоценозе	31
7.1. Видовая и пространственная структуры биоценоза.....	31
7.2. Вопросы для самоконтроля.....	37
7.3. Список литературы.....	37
Лекция 8. Загрязнение гидросферы	38
8.1. Источники и состав загрязнения гидросферы.....	38
8.2. Опасные загрязнители гидросферы.....	39
Вопросы для самоконтроля.....	42
... Список литературы.....	42
Лекция 9. Загрязнение литосферы	43
9.1. Источники и состав загрязнения литосферы.....	43
9.2. Опасные загрязнители литосферы.....	44
Вопросы для самоконтроля.....	48
Лекция 10. Загрязнение атмосферы	49
10.1. Источники и состав загрязнения атмосферы.....	49
10.2. Опасные загрязнители атмосферы.....	50
10.3. Последствия загрязнения атмосферы Вопросы для самоконтроля.....	52
	53

Список литературы	53
Лекция 11. Глобальный экологический кризис	54
.....11.1. Технологические революции	54
11.2. Масштабы экологического кризиса	54
11.3. Проблемы перенаселения	54
Вопросы для самоконтроля	55
Список литературы	55
Библиографический список	56
Содержание	58