

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛОРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ "ГОМЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ФРАНЦИ-
СКА СКОРИНЫ"**

А.М.ДВОРНИК

ЧЕЛОВЕК И СРЕДА

КУРС ЛЕКЦИЙ

Гомель 2004

В авторской редакции

УДК 502.11

ББК 20.1я73

Д243

Рецензент:

Т.А.Жученко, кандидат сельскохозяйственных наук,

Государственное научное учреждение "Институт леса НАН Беларуси"

Рекомендован к изданию научно-методическим советом Учреждения образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины" "24" декабря 2003г. Протокол № 4

Дворник А.М.

Д243 Человек и среда: Курс лекций. /А.М.Дворник. – Гомель: УО "ГГУ им. Ф.Скорины", 2004 – 80с.

В курсе лекций рассматриваются проблемы экологии человека, взаимоотношений человека с природой, их взаимное влияние, закономерности и факторы, определяющие эти отношения, которые в настоящее время являются основной причиной возрастания экологической напряженности. Большое внимание уделено состоянию экологической обстановки в Беларуси.

Курс лекций предназначен для студентов, аспирантов и специалистов, изучающих экологические проблемы отношения человека и окружающей среды, оптимизацией и решением этих проблем.

УДК 502.11

ББК 20.1я73

© Дворник А.М., 2004

© Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины", 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1 Экология человека. Основные понятия природопользования	5
Экология человека	5
Общие понятия природопользования.....	9
Лекция 2 Теоретические основы экологии	13
Учение о биосфере.....	13
Процессы масс- и энергообмена в экосистемах.....	16
Возникновение и эволюция биосферы.....	18
Понятие экологической системы.....	20
Свойства экосистем	21
Классификация экосистем	23
Общая характеристика природных ресурсов	24
Лекция 3 Виды и источники загрязнения окружающей среды .	26
Классификация источников загрязнения и их характеристики	26
Виды загрязнения окружающей среды	29
Лекция 4 Проблемы загрязнения атмосферы.....	32
Особенности загрязнения атмосферы	32
Парниковый эффект.....	33
Озоновая проблема	36
Кислотные дожди.....	37
Основные источники загрязнения Беларуси	39
Выбросы загрязняющих веществ атмосферу в Беларуси	39
Лекция 5 Загрязнение водных экосистем.....	42
Круговорот воды в природе.....	42
Проблема дефицита пресной воды.....	45
Основные виды загрязнения воды.....	46
Водные ресурсы Беларуси и их использование	47
Радиоактивное загрязнение поверхностных вод.....	49
Лекция 6 Проблемы загрязнения почвы.....	50
Почвенный покров	50
Виды деградации почвы	53
Загрязнение земель Беларуси	56
Лекция 7 Экологические проблемы населения	59
Рост народонаселения.....	59
Причины быстрого роста численности населения.....	61
Направленность динамики населения Земли	63
Лекция 8 Радиоактивное загрязнение и его влияние на человека	66
Дозы облучения и единицы измерения	66

Основы биологического действия ионизирующих излучений	69
Первичные процессы при действии ионизирующих излучений	70
Действие ионизирующих излучений на клетку	73
Действие ионизирующего излучения на многоклеточный организм	76
Список литературных источников	79

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ДВОРНИК Александр Михайлович

ЧЕЛОВЕК И СРЕДА

КУРС ЛЕКЦИЙ

Подписано в печать 05.01.2004. (2) Формат 60 x 84 1/16. Бумага писчая №1. Печать офсетная. Гарнитура Таймс. Усл.п.л. _____. Уч.-изд.л. _____. Тираж 50.

Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины"
246019, г.Гомель, ул. Советская, 104

Отпечатано на полиграфической технике с оригинал-макета Учреждения образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины"
246019, г.Гомель, ул. Советская, 104

ЛЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

1. Экология человека
2. Разделы экологии
3. Основные понятия природопользования

Экология человека

Основной экологической проблемой на Земле является рост численности населения на планете — один из самых сильных факторов влияния на природу. Все остальные экологические проблемы являются производными от основной. Но это влияние человека, на окружающую среду не обязательно должно быть губительным для нее. При разумном построении взаимоотношений человека с природой оно может оказаться обоудоблаприятным.

Исторически сложилось так, что человек, преследуя определенную цель (добыча ресурсов, изготовление продуктов и т. д.), не задумывался об оказываемом при этом воздействии на природную среду. Такой подход в определенной степени был приемлем в условиях небольших масштабов производства. Природа сама могла компенсировать отрицательные последствия деятельности человека. Скорость процессов разрушения стала превышать скорость восстановления. Начиная примерно с 60-х годов, во многих странах начали активно говорить об угрозе глобального загрязнения биосферы. Люди начали осознавать, что угрозой существования жизни на Земле могут быть не только разрушительные войны, но и "мирная" деятельность. Особенно остро это дала почувствовать катастрофа на Чернобыльской АЭС.

В настоящее время исключительно важна проблема минимизации ущерба наносимого человеком природе. В этом смысле социальное звучание приобретает экологическое образование, общественно значима роль профессионального эколога.

В науку термин «экология» ввел известный немецкий биолог Эрнест Геккель. Это связано с выходом в 1869 г. в свет его труда «Всеобщая морфология организмов». Экологией Геккель назы-

вал «общую науку об отношениях организмов к окружающей среде». По Геккелю, эти условия являются частично органической, частично неорганической природы. Неорганические условия существования, к которым должны приспосабливаться живые организмы, - это физические и химические особенности мест обитания (неорганическая пища, состав воды, свойства почв и др.) и климат (свет, тепло, влажность и др.). Органические условия существования - отношение организма к другим организмам, с которыми он вступает в контакт.

Экология — наука, которая возникла свыше 100 лет назад и первоначально была учением о взаимосвязи организма и среды, а в наше время она трансформировалась в науку о структуре природы, о том, как работает живой покров Земли в его целостности; экология становится основой поведения индустриального общества в природе.

Экология - это биологическая дисциплина. Междисциплинарный комплекс проблем, относящихся к различным отраслям науки, связан с одним тревожащим человечество фактором - возрастающим влиянием человеческой деятельности на окружающую среду. Из числа проблем прикладного характера, в решении которых экология играет важнейшую роль, можно назвать охрану окружающей среды. Так как экология дает ответ на вопрос: «сколько организмов населяет данную местность, где и когда их можно встретить и почему», она является биологическим фундаментом, на который опирается человек при принятии решений, направленных на сохранение природной среды.

Важным шагом на пути к описанию целостных природных комплексов можно считать представление о единой системе живых организмов и их абиотическое окружение в качестве целостной системы. Эта система была названа термином «биоценоз» - биологическая система, представляющая собой совокупность популяций, различных видов растений, животных и микроорганизмов, населяющих определенную территорию. Воздействие на отдельные его компоненты неизбежно приводят к изменению всего комплекса.

Экология (общая) — наука о закономерностях взаимосвязей и взаимодействии организмов и их систем со средой обитания. Занимается исследованием основ структуры и функционирования естественных и антропогенных экологических систем и биосферы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баландин Р.К., Бондарев Л.Г. Природа и цивилизация. - М.: Мысль, 1988. - 391с.
2. **Чистик О.В. Экология.**
3. Бudyко М.И. Глобальная экология. - М.: Мысль, 1977. - 327с.
4. Бudyко М.И. Эволюция биосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 391с.
5. Вернадский В.И. Биосфера. - М.: Мысль, 1967. - 374с.
6. Войткевич Г.В., Вронский В.А. Основы учения о биосфере. - Ростов на Дону: Феникс, 1996. - 480с.
7. Горшков В.Г., Кондратьев К.Я., Лосев К.С. Глобальные экологические перспективы // Вестник РАН, 1992, № 5. - с.70 - 81.
8. Горшков В.Т. Современные изменения окружающей среды и возможности их предотвращения // Докл. РАН, 1993. - №6. - с.802 - 806.
9. Камшинов М.М. Эволюция биосферы. - М.: Наука, 1979. - 274с.
10. Красилов В. А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. - М.: Институт охраны природы и заповедного дела, 1992. - 174с.
11. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. - М.: Молодая гвардия, 1990. - 352с.
12. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир. - М.: Мир, 1993.- 336с.
13. Одум Ю. Основы экологии. - М.: Мир, 1975. - 740с.
14. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). - М., 1994. - 367с.
15. Сытник К. М. и др. Биосфера. Экология. Охрана природы. - Киев: Наукова думка, 1987. - 523с.
16. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. – М.:ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 560с.
17. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. - М.: Просвещение, 1988. - 272с.
18. Федоров В. Г. Гильманов Т. Г. Экология. - М.:Изд-во МГУ, 1980. - 620с.

Причины различия в чувствительности живых организмов к излучению полностью до сих пор еще не выяснены. Неодинаковую чувствительность холоднокровных и теплокровных организмов пытаются объяснить низкой температурой тела и медленным обменом веществ у холоднокровных; вместе с тем температура тела и обмен веществ у птиц выше, но они и более устойчивы к действию излучения, чем млекопитающие.

Устойчивость к облучению насекомых и ракообразных объясняется присутствием в их организмах повышенных количеств ряда веществ, которые обладают защитным действием. Так, у насекомых отмечаются высокие уровни содержания каталазы, расщепляющей перекиси.

Определенную роль в радиочувствительности играет число хромосомных наборов в клетках организма. Предполагают, что при одной и той же плоидности радиочувствительность клетки прямо пропорциональна массе ядра, т.е. количеству ДНК.

Чувствительность млекопитающих к ионизирующему излучению зависит от физиологического состояния организма, условий его существования, индивидуальных особенностей. Более чувствительны к облучению ново-врожденные млекопитающие и старые животные; первые за счет повышенной митотической активности клеток (особенно чувствителен к облучению эмбрион животных и человека), вторые — за счет ухудшения способности клеток и тканей организма к восстановлению.

В процессе дифференциации наук, в связи с тем, что экологические исследования в ботанике и зоологии имеют свою специфику, произошло разделение на экологию растений и экологию животных.

Растения осваивают среду жизни на уровне межвидовых сообществ, которые существуют и функционируют как единое целое. В растительном мире это явление выступает более четко, чем в животном. В связи с этим экология многовидовых сообществ растительных организмов разработана значительно полнее.

Предмет экологии животных - изучение действия факторов среды на отдельные индивидуумы и популяции. Основной функциональной единицей животного компонента биоценоза служит популяция. По этой причине экология популяций лучше изучена на зоологическом материале.

Выделение экологии растений и экологии животных в "самостоятельные" дисциплины определяется, кроме того, чрезвычайной сложностью, разнообразием и спецификой связей живых организмов со средой и друг с другом.

В настоящее время в экологии объективно выделяются разделы, изучающие органический мир на уровне особи (организма), популяции, вида, биоценоза (экосистемы) и биосферы. В связи с этим можно четко выделить *аутэкологию* (экология особей), *эйдэкологию* (экология вида) и *синэкологию* (экология сообществ).

Аутэкология (autos - сам) - часть экологии, в задачу которой входит установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, которые организм выбирает из всего диапазона их значений. Аутэкология изучает взаимоотношения организма с внешней средой, в основе которых лежат его морфофизиологические реакции на воздействия среды. Основное внимание уделяется биохимическим реакциям, интенсивности газового и водного обмена, а также другим физиологическим процессам, которые определяют состояние организма.

Эйдэкология (от греческого 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 в экологической науке традиционно в основе интеграции живых организмов в системы лежит следующая схема: особь (организм) - популяция - био-

геоценоз (экосистема) - биосфера. Вид в этой схеме не нашел отражение, несмотря на то, что структура природы определяется двумя системами - видовой и биогеоценотической.

Синэкология (то греческого *syn* - вместе), или экология сообществ (биоценология) изучает ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, отражающих биоценозы, пути их формирования и развития, структуру и динамику, взаимодействия с физико-химическими факторами среды, энергетику, продуктивность и другие особенности. Синэкологические исследования направлены, например, на изучение сложного многовидового комплекса взаимосвязанных организмов (биоценоз), существующего в строго определенной физико-химической среде, качественной и количественной стороне каждого из его компонентов во взаимодействии друг с другом.

По конкретным таксономическим ветвям экология (общая) делится на экологию растений и экологию животных. Относить *экологию человека* к одной из таксономических ветвей неправомерно, ибо во взаимодействии человека и природы выступают законы социально-экономического и политического характера. Экология человека (социальная экология) формируется как самостоятельная научная дисциплина.

Экология человека, социальная экология (ЭЧ). Предметом ЭЧ является исследование отношения человека к природе, постоянного преобразования естественной среды в искусственную, «вторую природу», которая становится неотъемлемой составной частью окружающей природной среды. Определение места человека в биосфере исходит из положения о невозможности перенесения законов жизни сообществ животных на человеческое общество. Оно представляет собой качественно новую систему со специфической структурой и особыми законами деятельности и развития.

Между человеком и природой происходит постоянный обмен веществ, без которого была бы невозможна сама человеческая жизнь, и что этот закон регулирует общественное производство. Чтобы существовать, люди должны производить, и для этого они вступают в определенные связи и отношения, через посредство которых проявляется их отношение к природе.

Во взаимодействии с природой общество выступает как социальный организм. Функционирование и развитие системы «природа – общество» проявляется, с одной стороны, в ходе влияния

фойдная ткань, костный мозг.

Действие ионизирующего излучения на многоклеточный организм

Действие ионизирующих излучений на многоклеточный организм проявляется не только в реакции и последствиях, развивающихся в отдельных клетках и тканях, но и благодаря теснейшим связям и переплетениям их физиологических функций в организме — в общих реакциях, присущих организму как единой сложной биологической системе. Как правило, существует определенная зависимость между степенью, уровнем развития организмов и их чувствительностью к ионизирующим излучениям. Так, одноклеточные организмы значительно устойчивее, чем многоклеточные, особо высокой радиочувствительностью обладают млекопитающие. Если, например, в качестве критерия радиочувствительности использовать такой показатель, как гибель 50% взятых в опыт особей на 30-й день наблюдения после облучения (ЛД_{50/30}), то он оказывается различным для отдельных классов живых организмов (таблица 4).

Таблица 4 - Чувствительность некоторых видов животного мира к ионизирующему излучению

Класс	Вид	Облучение, Гр (рад)	Эффект
Простейшие	Амеба	1000(100 000)	ЛД ₅₀
Ракообразные	Дафния	65(6500)	ЛД ₁₀₀
Рыбы	Карась	13—15(1300—1500)	ЛД _{50/30}
Земноводные	Лягушка	6—7(600—700)	« «
	Тритон	30(3000)	« «
Пресмыкающиеся	Черепаша	13—15(1300—1500)	« «
Птицы	Куры	6—8(600—800)	« «
Млекопитающие	Кролик	7—8(700—800)	« «
	Крыса	5—6(500—600)	« «
	Морская свинка	3—3,5(300—350)	« «
	Обезьяна	4,5—5,5(450—550)	« «

происходит распад высокомолекулярных компонентов клетки, в том числе нуклеиновых кислот и белков. Радиационный эффект происходит в результате многих самых разнообразных повреждений тонко сбалансированного механизма биохимических реакций. Вместе с тем, рассматривая действие радиации на клетки, можно говорить о ведущих повреждениях, приводящих к нарушению той или иной функции. Так, нарушения процессов окислительного фосфорилирования связаны с повреждением структуры митохондрий. Изменения в клеточном ядре могут приводить к синтезу ферментов с измененной или утраченной активностью и т. д. Действие ничтожно малых количеств поглощенной энергии оказывается для клетки губительным из-за физического, химического и биохимического усиления радиационного эффекта, и основную роль в развитии этого эффекта играет повреждение надмолекулярных структур, обладающих высокой радиочувствительностью.

Наконец, следует подчеркнуть, что конечный эффект облучения является результатом не только первичного повреждения клеток, но и последующих процессов восстановления. Предполагается, что значительная часть первичных повреждений в клетке возникает в виде так называемых потенциальных повреждений, которые могут реализоваться в случае отсутствия восстановительных процессов. Реализации этих процессов способствуют процессы биосинтеза белков и нуклеиновых кислот. Пока реализации потенциальных повреждений не произошло, клетка может в них «восстановиться». Такое восстановление, как предполагается, связано с ферментативными реакциями и обусловлено энергетическим обменом. Считается, что в основе этого явления лежит деятельность систем, которые в обычных условиях регулируют интенсивность естественного мутационного процесса.

Таковы современные взгляды на механизм развития поражения клетки, возникающего при действии ионизирующих излучений.

Если принять в качестве критерия чувствительности к ионизирующему излучению морфологические, изменения, то клетки и ткани организма человека по степени возрастания чувствительности можно расположить в следующем порядке: 1) нервная ткань, 2) хрящевая и костная ткань, 3) мышечная ткань, 4) соединительная ткань, 5) щитовидная железа, 6) пищеварительные железы, 7) легкие, 8) кожа, 9) слизистые оболочки 10) половые железы, 11) лим-

природы на общество, а с другой – в процессе воздействия общества на природу и в ответной реакции природы на воздействие общества.

Экология человека, взаимоотношения человека с природой, их взаимное влияние и закономерности и факторы, определяющие эти отношения являются предметом изучения в рамках данного курса лекций.

Общие понятия природопользования

Природопользование — процесс воздействия общества на природу в целях развития производительных сил, включает освоение естественных богатств и компонентов экологических систем, преобразование и охрану природных комплексов и их компонентов. Природопользование разделяют на рациональное и нерациональное.

Рациональное природопользование направлено на обеспечение необходимых условий существования человечества и получение материальных благ, максимальное использование каждого природного территориального комплекса, предотвращение или снижение возможных вредных последствий процессов производства или других видов человеческой деятельности, на поддержание и повышение продуктивности и привлекательности природы, экономное расходование ее ресурсов.

Нерациональное природопользование сказывается в снижении качества природных ресурсов, их растрате и исчерпании, подрыве восстановительных природы, загрязнении окружающей среды, снижении ее оздоровительных и эстетических свойств.

Экологическое равновесие—состояние экологической системы или биотического сообщества, характеризующееся устойчивостью, способностью к саморегуляции, сопротивляемостью нарушениям, восстановлению первоначального состояния, существовавшего до нарушения ее равновесия.

В ходе естественного развития экологической системы могут возникнуть ситуации, приводящие к нарушению ее сложившегося естественного состояния. Нарушения часто вызываются стихийными бедствиями и погодно-климатическими аномалиями (ура-

ганами, наводнениями, землетрясениями, извержениями и другими тектоническими явлениями), засухами, заморозками, изменением русл рек, лавинами, селями, выпадением града, пожарами или антропогенной деятельностью. В биоценозах, где соотношение между особями, популяциями находится обычно относительно устойчиво, нарушения обуславливаются несоответствием между численностью животных и пищевыми ресурсами, хищниками и их жертвами, паразитами и их хозяевами-носителями.

Производственная деятельность человека во все времена влияла на состояние природных условий и компоненты экологических систем. Особенно резко это влияние стало сказываться во второй половине 20в. в связи с научно-технической революцией, которая изменила равновесное положение в животном и растительном мире. В силу взаимосвязанности всех компонентов и явлений в природе появившиеся нарушения неизбежно передаются от одного компонента к другому, вызывая те или иные изменения в родной среде. Для нейтрализации, уменьшения или полного устранения негативных явлений ведется их прогнозирование и систематическое наблюдение за процессами, протекающими в природе.

Экологизация технологий — разработка и внедрение в производство, коммунальное хозяйство технологий, которые бы при максимальном получении высокого качества продукции обеспечивали сохранение алогического равновесия в окружающей среде, не допуская ее загрязнения.

Экологическая экспертиза проектов — система комплексной оценки всех возможных экологических и социально-экономических последствий осуществления проектов строительства и реконструкции крупных народнохозяйственных объектов, направленная на предотвращение их отрицательного влияния на окружающую среду и на решение намеченных задач с наименьшей затратой ресурсов и минимальными нежелательными последствиями. Характер, масштабы и темпы современной научно-технической революции значительно расширяют возможности получения положительного эффекта от внедрения новых проектных решений. Поэтому очень важно глубоко и тщательно анализировать последствия внедрения новой техники, выбирать из различных направлений науки, техники и комплексов хозяйственных мероприятий наиболее оптимальные и экологически безвредные.

Охрана природы - система государственных, обществен-

ются прежде всего в резком угнетении процессов окислительного фосфорилирования.

Эффект воздействия ионизирующего излучения на клетку — результат комплексных взаимосвязанных и взаимообусловленных преобразований. По А. М. Кузину, радиационное поражение клетки осуществляется в три этапа. На *первом* этапе излучение воздействует на сложные макромолекулярные образования, ионизируя и возбуждая их. При поглощенной дозе 10 Гр (1000 рад) в клетке образуется до $3 \cdot 10^6$ ионизированных и возбужденных молекул. При этом в ядре должно возникнуть около $9 \cdot 10^5$ активных центров, в каждой митохондрии — 900 центров. На эти процессы прямого воздействия расходуется до 80% поглощенной энергии. Кроме того, от 25 до 50% образовавшихся в результате радиолитической воды радикалов реагируют с макромолекулами клетки.

Поглощенная энергия может мигрировать по макромолекулам, реализуясь в слабых местах. Указанный этап повреждения может быть назван физической стадией лучевого воздействия на клетку.

Второй этап — химические преобразования. Они соответствуют процессам взаимодействия радикалов белков, нуклеиновых кислот и липидов с водой, кислородом, радикалами воды и с биомолекулами и возникновению органических перекисей, вызывающих быстро протекающие реакции окисления, которые приводят к появлению множества измененных молекул. В результате этого начальный эффект многократно усиливается. Радикалы, возникающие в слоях упорядоченных расположенных белковых молекул, взаимодействуют с образованием «сшивок», в результате чего нарушается структура биологических мембран. Повреждение мембран приводит к высвобождению ряда ферментов. В результате повреждения лизосомных мембран наблюдается увеличение активности ДНКазы, РНКазы, катепсинов, фосфатазы и ряда других ферментов.

Нарушения, наступающие в результате высвобождения ферментов из клеточных органелл и изменения их активности, соответствуют *третьему* этапу лучевого поражения клетки — биохимическому.

Высвободившиеся ферменты путем диффузии достигают любой органеллы клетки и легко проникают в нее благодаря увеличению проницаемости мембран. Под воздействием этих ферментов

результате которой возникают перекиси. При этом образование перекисей обусловлено не столько прямым действием радиации, сколько результатом угнетения ряда антиоксидантов.

Действие ионизирующих излучений на клетку

Повреждением биологически важных макромолекул далеко не полностью объясняется ионизирующее поражение клетки. Клетка — слаженная динамическая система биологически важных макромолекул, которые скомпонованы в субклеточных образованиях, выполняющих определенные физиологические функции. Поэтому эффект действия источников ионизирующих излучений можно понять только приняв во внимание изменения, происходящие как в самих клеточных органеллах, так и во взаимоотношениях между ними.

Наиболее чувствительными к облучению органеллами клеток организма млекопитающих являются ядро и митохондрии. Повреждения этих структур происходят при малых дозах и проявляются они в самые ранние сроки. Так, при облучении митохондрии лимфатических клеток дозой 0,5 Гр (50 рад) и более наблюдается угнетение процессов окислительного фосфорилирования в ближайшие часы облучения. При этом обнаруживаются изменения физико-химических свойств нуклеопротеидных комплексов, в результате чего происходят количественные и качественные изменения ДНК и разобщается процесс синтеза ДНК—РНК—белок. В ядрах радиочувствительных клеток почти тотчас же после облучения угнетаются энергетические процессы, происходит выброс в цитоплазму ионов натрия и калия, нарушается нормальная функция мембран. Одновременно возможны разрывы хромосом, выявляемые в период клеточного деления, хромосомные aberrации и точковые мутации в результате которых образуются белки, утратившие свою нормальную биологическую активность. Более выраженной радиочувствительностью, чем ядра, обладают митохондрии. Так, значительные изменения в структуре митохондрии лимфатических клеток селезенки обнаруживаются уже через час после облучения дозой 1 Гр (100 рад). В ряде случаев отмечается повреждение мембраны митохондрии. Повреждения митохондрии проявля-

ных, административно-хозяйственных, технико-производственных, экономических и юридических мероприятий, направленных на поддержание благоприятных для жизни условий, рациональное использование, сохранение и воспроизводство естественных ресурсов Земли и ближайшего к ней окружения космоса в интересах удовлетворения материальных и духовных потребностей людей.

Предупредительные меры — это создание условий для сохранения природного равновесия в том или ином регионе (например, сбережение ландшафтов, ценных и примечательных геологических образований, биологических сообществ растений в животных, отдельных видов животных и растений). Многие особо ценные участки и памятники природы берут под защиту закона, объявляют заповедниками, заказниками, природными (национальными) парками или охраняемыми объектами.

Активные меры — это действия общества, направленные на предупреждение или устранение загрязнения атмосферы, воды и земли, разработка технологий, обеспечивающих экономное расходование природного сырья, пресной воды, полезных ископаемых, биологических ресурсов. К этим мерам можно также отнести преобразование экологических систем, территорий природных комплексов в целях создания лучших условий для жизни человека, повышения экономического потенциала государства.

Охрана природы рассматривается как общенародная задача, связанная с удовлетворением культурных, социальных и экономических потребностей людей. Наряду с понятием охрана природы часто применяют выражение охрана окружающей природной среды или охрана окружающей среды, охрана среды окружения.

Мониторинг — система наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды, состоит из трех ступеней: наблюдения, оценки состояния и прогноза возможных изменений. М осуществляет наблюдение за антропогенными изменениями, а также за естественной, малоизмененной природой (чтобы были объекты для сравнения при оценке антропогенных изменений).

В системе мониторинга различают три уровня: санитарно-токсический, экологический и биосферный.

Санитарно-токсический мониторинг — наблюдение за состоянием качества окружающей среды, главным образом за степенью загрязнения (родных ресурсов вредными веществами и влиянием этого процесса на человека, животный и растительный мир, а

также определение наличия шумов, аллергенов, пыли, патогенных микроорганизмов, неприятных запахов, сажи, контроль за содержанием в атмосфере окислов серы и азота, окиси углерода, соединений тяжелых металлов, качеством водных объектов степенью загрязнения их различными органическими веществами.

Экологический мониторинг — определение изменений в экологических системах, природных комплексах и их продуктивности, а также выявление динамики запасов полезных ископаемых, водных, земельных и растительных ресурсов. Степень нарушения природных комплексов, биогеоценозов, отдельных составляющих биосферы компонентов определяют путем сравнения их по ряду признаков и характеристик с ненарушенными экосистемами, по динамике поддающихся учету изменений и т. п. Наиболее важный показатель—биологическая продуктивность биогеоценоза, единицы площади суши или воды за определенный промежуток времени. О характере и мере нарушения природных комплексов судят путем сравнения их с охраняемыми, заповедными территориями, стационарными опытными участками, а также по поведению животных (их миграциям, изменению пищевых связей и т. п.).

Биосферный мониторинг позволяет определить глобально-фоновые изменения в природе (степень радиации, наличие в атмосфере углекислого газа, озона, тепла и степень ее запыленности, циркуляцию газов между океаном и воздушной оболочкой Земли, мировые миграции птиц, млекопитающих, рыб и насекомых, погодно-климатические изменения на планете).

ЛЕКЦИЯ 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

1. Учение о биосфере
2. Процессы масс- и энергообмена в экосистемах
3. Возникновение и эволюция биосферы
4. Понятие экологической системы
5. Свойства экосистем
6. Классификация экосистем
7. Общая характеристика природных ресурсов

нокислот в тканях.

При общем облучении экспериментальных животных дозой 5 Гр (500 рад) понижается уровень метионина (важнейшего донора метильных групп) на 75%, триптофана—на 26%. Эти изменения оказывают большое влияние на белковый обмен, поскольку недостаток хотя бы одной аминокислоты приводит к резкому замедлению биосинтеза белков. Отмечаемое уменьшение содержания сульфгидрильных групп в тканях облученных животных относится к наиболее ранним радиационным изменениям. В дальнейшем оно прогрессирует и достигает более 50% по отношению к исходному уровню. Считается, что начальная инактивация сульфгидрильных групп вызывается короткоживущими радикалами, а в дальнейшем она происходит за счет действия стойких перекисей.

Различные ферментные системы реагируют на облучение неоднозначно. Активность одних ферментов после облучения возрастает, других понижается, третьих остается неизменной. Важно отметить, что при облучении организма происходят повреждения систем синтеза нуклеиновых кислот и стимуляция ферментативных систем, деполаризующих эти макромолекулы.

К числу наиболее радиочувствительных процессов в клетке относится окислительное фосфорилирование. Нарушение этого процесса отмечается уже через несколько десятков минут после облучения дозой 1 Гр (100 рад).

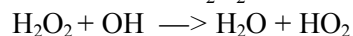
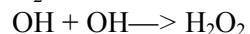
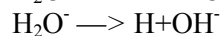
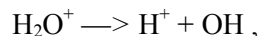
Высокой чувствительностью обладают дезоксирибонуклеиновые комплексы (ДНК клеточного ядра, в комплексе со щелочными белками, РНК и ферментами). Уже через несколько минут после облучения имеет место высвобождение нуклеиновой кислоты из дезоксинуклеопротеида (ДНП) и одновременное накопление нуклеиновых кислот в цитоплазме облученных клеток. Предполагается, что в этом случае в первую очередь поражаются связи белок — белок и белок — ДНК.

Облучение простых сахаров значительными дозами приводит к их окислению и распаду, в результате чего образуются органические кислоты и формальдегид.

При облучении организма отмечается снижение содержания липидов и их перераспределение в различных тканях с повышением их уровня в печени и крови, что, по-видимому, связано с изменениями углеводного обмена.

Происходит также повышенная окисляемость липидов, в

бой:



Считается, что основной эффект лучевого воздействия обусловлен такими радикалами, как H, OH и особенно HO₂ (гидропероксид). Последний радикал, обладающий высокой окислительной способностью, образуется при облучении воды в присутствии кислорода: $\text{H} + \text{O}_2 = \text{HO}_2$.

Возникшие в результате взаимодействия излучений с водой радикалы взаимодействуют с растворенными молекулами различных соединений, давая начало вторично-радикальным продуктам. Время жизни этих продуктов значительно больше по сравнению со сроком жизни первичных радикалов, поэтому для них возможно проявление большей «избирательности» действия.

Возможны процесс переноса энергии возбуждения путем реабсорбции (перепоглощения активатором света люминесценции растворителя), образование комплексов молекул растворителя и активатора с передачей энергии внутри этого комплекса, передачей энергии при столкновении (диффузионный механизм) и др. Конкурировать с перечисленными процессами поражения могут эффекты восстановления, к которым относятся люминесценция и преобразование энергии возбуждения в тепло.

Важно подчеркнуть, что в результате прямого и непрямого действия ионизирующих излучений на биосубстрат возникают идентичные «вторичные» радикалы, которые могут служить объяснением определенной специфичности радиационно-химических превращений.

Дальнейшие этапы развития радиационного поражения молекулярных структур и наиболее радиочувствительных надмолекулярных образований сводятся к изменениям белков, липидов и углеводов. Так, например, облучение белковых растворов приводит к конфигурационным изменениям белковой структуры, агрегации молекул за счет образования дисульфидных связей, деструкции, связанной с разрывом пептидных или углеродных связей. Все эти процессы наблюдаются при поглощении достаточно высоких доз — порядка сотен тысяч рад и более. При облучении целостного организма в первую очередь изменяется содержание свободных ами-

Учение о биосфере

Термин «биосфера» в научной литературе появился в 1875г. в одной из публикаций австрийского геолога Э.Зюсса. Биосфера - (от греч. Bios —жизнь и sfera-шар).

Учение о биосфере разработал в своих трудах В.И.Вернадский. Биосферой он называл оболочку Земли, в формировании которой живые организмы играли и играют основную роль. В.И.Вернадский выделял в ней 3 главных компонента: живые организмы или так называемое живое вещество, минеральные компоненты, включенные живым веществом в биогенный круговорот; продукты деятельности живого вещества, временно не участвующие в биогенном круговороте. Согласно В.И.Вернадскому, биосфера включает все части земной коры, на которые воздействовали живые организмы в течение всей геологической истории.

Биосфера - сложная система, которая состоит из многих компонентов, включающих всю живую и неживую природу. Она охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, взаимосвязанные биогеохимическими циклами миграции веществ и энергии. Границы биосферы составляют: в атмосфере до озонового слоя (25 - 30 км), в гидросфере - до максимальных глубин - (около 11 км), в литосфере - до 8 - 10 м, реже до 3 км (нефте-носные слои воды).

В состав биосферы входят живые организмы (около 3 млн. видов), их остатки, биогенное вещество (продукты жизнедеятельности живых организмов - осадочные породы органического происхождения), биокосное вещество (продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами) и косное вещество (горные породы магматического и неорганического происхождения, а также переработанные и видоизмененные живыми организмами вещества космического происхождения).

Живое вещество (по В.И.Вернадскому) - это совокупность существующих или существовавших живых организмов, являющихся мощным геологическим фактором. В отличие от живых организмов, изучаемых на всех уровнях их организации, живое вещество как биогеохимический фактор, в понимании В.И.Вернадского,

характеризуется элементарным химическим составом, массой и энергией; оно трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот. Через живое вещество многократно прошли атомы почти всех химических элементов. В конечном счете живое вещество определило состав атмосферы, почв и осадочных пород Планеты.

По мнению В.И.Вернадского, живое вещество аккумулирует энергию космоса и трансформирует в энергию земных процессов (химическую, механическую, тепловую, электрическую и т.д.), обеспечивает образование нового живого вещества, которое замещает не только отмирающие его массы, но и привносит новые качества, определяя тем самым эволюцию органического мира.

Различают 5 главных функций живого вещества на Планете - энергетическую, газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную и деструкционную.

Энергетическая функция заключается в осуществлении связи биосферно-планетарных явлений с космическим излучением, преимущественно с солнечной радиацией. В ее основе лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений, благодаря которой происходит аккумуляция солнечной энергии и ее перераспределение между компонентами биосферы. За счет энергии Солнца, накопленной зелеными растениями, протекают все жизненные явления на Земле.

Газовая функция обеспечивает газовый состав биосферы, обуславливает миграцию и превращение газов. В процессе жизнедеятельности живого вещества создаются основные газы: азот, кислород, углекислый газ, метан и др.

Концентрационная функция проявляется в извлечении и накоплении живыми организмами биогенных элементов с окружающей среды, так как состав живого вещества значительно отличается от среднего состава Планеты. В нем преобладают легкие атомы водорода, кислорода, углерода, азота, кремния, серы, хлора, калия, кальция. Концентрация этих элементов в организмах намного выше, чем во внешней среде.

Окислительно-восстановительная функция заключается в химическом превращении главным образом атомов с переменной валентностью (соединения железа, алюминия, марганца), что приводит к превращению большинства химических соединений. На поверхности Земли преобладают биогенные процессы окисления и

ионы, ион радикалы и др.). В этот же период возможно образование разрывов связей в молекулах как за счет непосредственного взаимодействия с ионизирующим агентом, так и за счет внутри и межмолекулярной передачи энергии возбуждения.

В дальнейшем имеют место реакции химически активных веществ с различными биологическими структурами, при которых отмечается как деструкция, так и образование новых, несвойственных для облучаемого организма соединений.

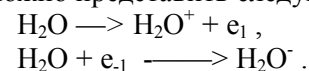
Последующие этапы развития лучевого поражения проявляются в нарушении обмена веществ в биологических системах с изменением соответствующих функций. У высших организмов это протекает на фоне нейрогуморальной реакции на развитие нарушения.

Явления, происходящие на начальных, физико-химических этапах лучевого воздействия, принято называть первичными, или пусковыми, поскольку именно они определяют весь дальнейший ход развития лучевых поражений.

Первичные процессы при действии ионизирующих излучений

При облучении биологических объектов, содержащих воду, находящуюся частично в свободном состоянии, а частично входящую в состав органелл соответствующих биосистем, принято считать, что 50% поглощенной дозы в «средней» клетке приходится на воду, другие 50% — на ее органеллы и растворенные вещества. В соответствии с локализацией поглощенной энергии (в воде или в основном веществе) можно говорить о непрямом и прямом действии ионизирующего излучения.

При взаимодействии ионизирующего излучения с водой в конечном итоге происходит выбивание электронов из молекул воды с образованием так называемых молекулярных ионов, несущих положительный и отрицательный заряд. Схематически этот процесс можно представить следующим образом:



Возникающие ионы воды в свою очередь распадаются с образованием ряда радикалов, которые взаимодействуют между со-

ния органа T .

Значения коэффициента ω_T для различных органов и тканей человека следующие: половые железы — 0,25; молочная железа — 0,15; красный костный мозг — 0,12; легкие — 0,12; щитовидная железа — 0,03; кость (поверхность) — 0,03; остальные органы (ткани) — 0,3.

Эффективная эквивалентная доза применяется при расчете возможного возникновения стохастических эффектов радиационного воздействия — злокачественных новообразований.

Для оценки стохастических эффектов воздействия ионизирующих излучений на персонал или население применяется мощность коллективной эквивалентной дозы (S), которая определяется как интеграл произведения мощности эквивалентной дозы от источника и числа лиц в облученной популяции, получающих такую дозу.

Специальной единицей коллективной дозы служит человеко-бэр (чел*бэр) или человеко-зиверт (чел*Зв).

Основы биологического действия ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение — одно из уникальных явление окружающей среды, последствия от воздействия которого на организм на первый взгляд совершенно не эквивалентны величине поглощаемой энергии.

Известно, что ни один из субстратов клетки не является столь радиочувствительным, как вся клетка. В настоящее время выдвигается гипотеза о возможности существования цепных автокаталитических реакций, усиливающих первичное действие, или наличии в клетках систем положительных обратных связей, которые после возникновения поддерживаются независимо от существования породившей их причины. Процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом клетки, в результате чего образуются ионизированные и возбужденные атомы и молекулы, являются первым этапом развития лучевого поражения. Ионизированные и возбужденные атомы и молекулы в течение 10^{-6} с взаимодействуют между собой и с различными молекулярными системами, давая начало химически активным центрам (свободные радикалы,

восстановления.

Деструкционная функция обуславливает процессы, связанные с разложением организмов после их смерти. Происходит минерализация органического вещества или превращение живого вещества в косное, что приводит к образованию биогенного и биокосного вещества биосферы.

Таким образом, по современным представлениям, биосфера — это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества Планеты, которая находится в непрерывном обмене с ним.

Живые организмы, получая поток энергии солнечного излучения, преобразуют его, вовлекая в химические реакции неорганическую материю и создают непрерывный круговорот веществ и энергии. По подсчетам В.И. Вернадского, биомасса всех организмов Земли достигает 10^{15} т, что составляет лишь 0,25% массы всей биосферы. Общая масса сухого вещества фитомассы около $2,42 \cdot 10^{12}$ т, или 99% всего живого вещества на Земле. Роль живого вещества огромна. Нынешний газовый состав атмосферы, почвенный покров, полезные ископаемые — результат деятельности живого вещества прошлых эпох.

Процессы масс- и энергообмена в экосистемах

Особенность биосферы, этой тонкой пленки планеты, где протекает жизнь, состоит в биотическом круговороте веществ. В процессе эволюции за несколько миллиардов лет биосфере «отработана» совершенная замкнутая система, которая по упрощенной схеме выглядит следующим образом: растения потребляют углекислоту и выделяют кислород (продуценты); животные потребляют кислород, поедают растения и выделяют углекислоту (консументы); мертвых животных и растения («отходы производства») перерабатывают бактерии, грибы, простейшие, насекомые и другие редуценты (деструкторы), которые разрушают их, превращая в минеральные или простые органические соединения, потребляемые растениями. Непрерывность этого процесса обеспечивается распадом и разложением конечных продуктов.

Биологический круговорот — постоянная циркуляция веще-

ства и движение энергии между почвой, растительным и животным миром и микроорганизмами, связанные с существованием и жизнедеятельностью организмов. Основа биологического круговорота — образование в процессе фотосинтеза первичной растительной продукции, превращение ее во вторичную (в частности, в животную) и ее распад.

Активное движение органического вещества в биогеоценозах (экологических системах) осуществляется по пищевым (трофическим) цепям. *Пищевой цепью* называется ряд живых организмов, в котором одни поедают предшественников по цепи и, в свою очередь, оказываются съеденными теми, которые следуют за ними. Пищевые цепи первого типа начинаются с живых растений, которыми питаются травоядные животные. При этом выделяются следующие категории организмов:

1. *Продуценты* — преимущественно хлорофиллоносные растения. Под влиянием солнечных лучей в процессе фотосинтеза растения (автотрофы) образуют органическое вещество, т. е. накапливают потенциальную энергию, содержащуюся в синтезированных углеводах, белках и жирах растений. В наземных экосистемах основные продуценты — зеленые цветковые растения, в водной среде — микроскопические планктонные водоросли.

2. *Консументы* — гетеротрофные организмы, потребители органического вещества, созданного автотрофами. К первичным консументам относят травоядных животных, а также паразитов (животных и растений) зеленых растений. Среди травоядных животных в наземной среде преобладают насекомые, грызуны и копытные, а в водной — мелкие ракообразные и моллюски. Вторичные консументы питаются травоядными животными, т. е. относятся к плотоядным (или всеядным). Третичные консументы питаются вторичными (это не единственный их корм), т. е. хищниками (например, беркут поедает лисицу или волка), поэтому их называют иногда хищниками хищников. Состав вторичных и третичных консументов разнообразен: здесь и хищники, убивающие свою добычу, и паразиты, и трупоеды.

3. *Биоредуценты* (деструкторы) — организмы, разлагающие органические вещества, преимущественно микроорганизмы (бактерии, дрожжи, грибы-сапрофиты), поселяющиеся в трупах, экскрементах, на отмирающих растениях и разрушающие их.

Зеленые растения-автотрофы используют для процессов

Бэр — поглощенная доза любого вида ионизирующего излучения, которая имеет такую же биологическую эффективность, как 1 рад рентгеновского излучения со средней удельной ионизацией 100 пар ионов на 1 мкм пути в воде:

Таблица 3 - Коэффициенты качества Q различных видов ионизирующих излучений при хроническом облучении всего тела НРБ-76/87

Вид излучения	Q
Рентгеновское и гамма-излучения	1
Электроны и позитроны, бета-излучение	1
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
Альфа-излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20
Нейтроны с энергией < 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0.1—10 МэВ	10

Зиверт (Зв) — новая единица эквивалентной дозы в системе СИ; 1 Зв равен 1 Гр, деленному на коэффициент качества:

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} / Q = 100 \text{ бэр}$$

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$$

Для оценки ущерба здоровью человека при неравномерном облучении всего тела вводится понятие *эффективной эквивалентной дозы* ($H_{эфф}$):

$$H_{эфф} = \sum_T \omega_T H_T$$

где H_T — среднее значение эквивалентной дозы в органе или ткани;

ω_T — взвешенный коэффициент, равный отношению ущерба облучения органа или ткани к ущербу от облучения всего тела при одинаковых эквивалентных дозах. Коэффициент ω_T позволяет рассчитать дозу облучения всего тела, которая по риску отдаленных соматических последствий эквивалентна данной дозе облуче-

ния, переданная массе облучаемого вещества в 1 кг.

В радиобиологии и радиационной гигиене широкое значение получила внесистемная единица поглощенной дозы — рад. 1 рад. соответствует поглощенной энергии 100 эрг на 1 г вещества.

$$1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 10^{-2} \text{ Дж/кг.}$$

Новая единица поглощенной дозы в системе единиц СИ — грей (Гр); 1 грей равен 1 джоулю, поглощенному в 1 кг вещества: 1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад.

Для характеристики дозы по эффекту ионизации вызываемому в воздухе, используется так называемая *экспозиционная доза* рентгеновского и гамма-излучений — количественная характеристика рентгеновского и гамма-излучений, основанная на их ионизирующем действии и выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия. За единицу экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений принимается кулон на килограмм (Кл/кг).

Кулон на килограмм — экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучений, при которой на 1 кг сухого атмосферного воздуха производятся ионы, несущие заряд в 1 кулон электричества каждого знака.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген.

Соотношение между поглощенной дозой излучения и экспозиционной дозой рентгеновского и гамма-излучений имеет вид:

$$D_{\text{экс}} = 0,88 \cdot D_{\text{погл}}$$

Поглощенная и экспозиционная дозы излучений, отнесенные к единице времени, носят название мощности поглощенной и экспозиционной доз.

Эквивалентная доза H — величина, введенная для оценки радиационной опасности хронического облучения излучением произвольного состава, определяется как произведение поглощенной дозы (D) данного вида излучения на соответствующий коэффициент качества (Q):

$$H = D \cdot Q$$

где D_i — поглощенная доза отдельных видов излучения;

Q — коэффициент качества отдельных видов излучения (таблица 3). Внесистемной (специальной) единицей эквивалентной дозы принят бэр.

фотосинтеза 1...3% получаемой энергии Солнца; с учетом того, что 80...90% образовавшихся углеводов разрушается в процессе дыхания растения, эффективность фотосинтеза составляет 0,1...0,5%. Для образования биомассы травоядных животных затрачивается в среднем 1% энергий растительного корма (потери 99%).

Если зеленые растения в средней поглощают в день на 1 м² 1500 кал солнечной энергии, то 15 кал будет запасено в виде чистой растительной продуктивности; в тканях жвачных животных аккумулируется 1,5 кал на уровне первичных консументов и 0,15 кал - вторичных. Это и будет «пирамидой чисел», т. е. экологической пирамидой при схематическом изображении пути вещества и энергии в трофических системах.

Все наземные экосистемы производят около 50 млрд. т органического вещества в год; примерно такова же первичная продуктивность океанов. Следовательно, ежегодно в биосфере образуется примерно 100 млрд. т органического вещества. Биомасса наземных животных не превышает 1% биомассы растений, причем около 95% ее приходится на беспозвоночных.

Биомасса организмов формируется в основном из соединений кислорода, углерода и водорода. Поэтому в биологической круговорот входит, очевидно, цикл круговорота этих элементов в биосфере, вызванный рождением, питанием, гибелью и разложением организмов. Главный источник кислорода в атмосфере — растения, которые на суше производят 53*10⁹ т этого газа в год, а в океанах — 414*10⁹ т. Скорость круговорота кислорода в биосфере, т. е. время, в течение которого весь он проходит через живое вещество — 2 тыс. лет.

Первое звено круговорота углерода — поглощение его растениями из углекислого газа, содержащегося в атмосфере, при фотосинтезе, второе — использование органических веществ животными при питании и частичное возвращение углерода в атмосферу при их дыхании. Кроме того, часть органического вещества (опад у растений, отбросы у животных), содержащего углерод, уходит в почву (с частичным возвратом в атмосферу). Скорость круговорота углерода в биосфере 700 лет. Существуют также круговороты водорода, азота и других химических элементов, составляющие часть общего биологического круговорота.

Возникновение и эволюция биосферы

Жизнь на Земле возникла задолго до образования кислородной атмосферы. Вероятно, первые организмы и фотосинтезирующие растения появились в воде, где жизнь была лучше защищена от ультрафиолетового излучения, пока не образовался озоновый экран. Видимо, с момента возникновения первых живых организмов до образования кислородной атмосферы прошло не меньше миллиарда лет. Кислородная атмосфера сформировалась около 3,5 млрд. лет тому назад, когда и сложился биотический круговорот.

Дальнейшая эволюция биосферы приводила к усложнению ее структуры в результате появления многоклеточных и прогрессивного развития различных групп растений и животных. При этом в процессе эволюции соотношение различных групп организмов отражало их взаимозависимость.

По современному мнению, возраст Земли оценивается в 4,55 млрд. лет, а сохранившиеся древнейшие участки земной коры - в 4 млрд. лет.

На основании данных палеонтологии, геохимии и космохимии эволюцию биосферы Земли можно представить в виде 3 последовательно сменяющих друг друга этапов.

Первый этап - восстановительный. Начался в космических условиях и завершился появлением на Земле первой гетеротрофной биосферы. На этом этапе протекали каталитические и радиохимические реакции синтеза сложных органических соединений, отсутствовал свободный кислород, основным источником живых организмов была радиация. Первым этапом эволюции было возникновение жизни из неживой природы. Органические молекулы подвергаются процессам синтеза и разрушения, причем продукты распада молекул служили материалом для построения других соединений. Этот период, вероятно, был коротким во времени.

Второй этап - слабоокислительный. Характеризуется появлением фотосинтеза. Продолжался в интервале времени 4 - 1,8 млрд. лет тому назад. Свободного кислорода образовывалось мало, атмосфера состояла преимущественно из углекислого газа. Развитие организмов ограничивалось прокариотами.

ленности населения, регулируемая рождаемостью. Кроме этого, XXI век - это дальнейшее развитие научно-технического прогресса, усложнение технологий, что потребует улучшения подготовки и образования людей, а это возможно только при уменьшении количества детей в семье. Поэтому сознательное уменьшение рождаемости - это не только проблема выживания людей, но и достойное будущее новых поколений.

ЛЕКЦИЯ 8 РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЧЕЛОВЕКА

1. Дозы облучения и единицы измерения
2. Основы биологического действия ионизирующих излучений
3. Первичные процессы при действии ионизирующих излучений
4. Действие ионизирующих излучений на клетку
5. Генетическое действие ионизирующих излучений
6. Действие ионизирующего излучения на многоклеточный организм

Дозы облучения и единицы измерения

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биообъектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь зависят от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя используется понятие *поглощенной дозы*, т.е. энергии излучения, поглощенной в единице массы облучаемого вещества. За единицу поглощенной дозы излучения принимается джоуль на килограмм (Дж/кг).

Джоуль на килограмм — поглощенная доза излучения, измеряемая энергией в один джоуль любого ионизирующего излу-

ООН и Международным институтом прикладного системного анализа (МИПСА) проведены расчеты оценки динамики населения в XXI и XXII вв. По данным ООН население мира выйдет на постоянный предел численности 11,6 млрд. чел. при минимальном спаде рождаемости. Примерно такой же вывод сделан и МИПСА. Согласно прогнозным оценкам, сделанным С.П.Капицей (1995) численность населения прогнозируется на несколько большем уровне, чем в моделях ООН и МИПСА.

Ближайшие перспективы роста численности населения Земли следующие: в 2010 году оно составит 7 млрд. чел., а к 2025 - 8,5.

Анализ динамики населения Земли показывает, что можно выделить два ее типа.

Первый - стабильная численность населения на протяжении длительного периода времени, постоянная численность и плотность населения поддерживалась эколого-биологическими факторами.

Второй тип - гиперболический или экспоненциальный рост, поддерживаемый технолого-социально-экономическими факторами, действующими внутри популяции. Модели гиперболического роста численности могут измениться к 2007г. (Капица, 1995) или к 2025г. (Горшков, 1995).

Одним из важнейших факторов сокращения численности населения может стать сокращение производства продовольствия по экологическим причинам, одной из которых является опустынивание земель и развитие эрозионных процессов. За последние 20 лет площадь, занимаемая пустынями, возросла примерно на 120 млн. га. В результате развития эрозионных процессов потери пахотного слоя почвы составили 480 млрд. т, что эквивалентно пахотным угодьям Индии.

Другой вероятной причиной уменьшения прироста населения и сокращения его численности может стать действие экобиологических механизмов, связанных с урбанизацией и из-за гиперплотности населения в городах, которые ведут к стрессу населения.

Однако, наиболее вероятным внешним фактором, который может внести существенные коррективы во все демографические модели - экологический, который связан с нарастающим разрушением экосистем, что грозит потерей устойчивости биосферы.

Из всех причин нарушения биотической регуляции среды и вероятного процесса исчезновения человека как вида единственным процессом, которым он может управлять - это динамика чис-

Третий этап - окислительный. Появилась фотоавтотрофная биосфера. Начался с медленного возрастания содержания кислорода в атмосфере и сменился значительным ускорением эволюции организмов. На этом этапе образовалось количество кислорода, достаточное для появления растительного покрова и животных на континентах, что резко увеличило продукцию фотосинтеза.

Так как биологическая эволюция - процесс необратимый, то она определила необратимость эволюции всей биосферы и подготовила биосферу к новому состоянию - ноосфере или сфере Разума, когда все изменения в биосфере должны управляться творческой работой человека.

Понятие экологической системы

Термин “экосистема” впервые было введен в научный обиход английским ботаником А. Тенсли в 1935 г., который предложил считать экосистемой любую совокупность совместно обитающих организмов (автотрофов и гетеротрофов) и необходимую для их существования абиотическую среду.

Экологическая система (экосистема) — взаимосвязанная единая функциональная совокупность организмов и абиотической среды их обитания. Оба составляющих компонента экосистемы (биотический и абиотический) имеют обоюдное влияние друг на друга и необходимы для поддержания функционирования системы.

Основу экологической системы, как и биосферы (глобальной экосистемы) в целом, составляет круговорот веществ под воздействием энергии. Все живые организмы, населяющие экосистему, выполняют в ней строго определенную функцию: одни (*продуценты*) перерабатывают и накапливают солнечную энергию в органических веществах, другие (*консументы*) потребляют эти вещества и накопленную энергию, а третьи (*биоредуценты*) обеспечивают минерализацию органического вещества, завершая, таким образом, внутренний круговорот веществ в системе.

Для каждой экологической системы свойственны определенные пищевые цепи. В то же время общий принцип экосистемы состоит в том, что одни организмы служат пищей другим, которые,

в свою очередь, служат пищей третьим и т.д.; каждый биотический компонент, играя в экосистеме строго определенную роль, занимает в ней и вполне определенную экологическую нишу.

В ходе геологической истории Земли в биосфере установилось равновесие между экологическими системами и внутри них; сложился непрерывный обмен веществ и энергии как между отдельными составными компонентами внутри экосистем, так и с другими экосистемами (биогеоценозами). Изменения во внешней, абиотической среде вызывают со стороны экосистемы ответную реакцию, которая может привести либо к устранению этих изменений, либо вызвать перестройку самой экосистемы. В ходе эволюционного развития Земли природные условия изменялись неоднократно, и экосистемы соответственно реагировали на эти изменения. На протяжении столетий и тысячелетий экологические системы нивелировали или полностью устраняли последствия хозяйственной деятельности человека.

Во второй половине XXв. экосистемы часто не справляются с усложнившимися нагрузками антропогенного характера. Дело в том, что в ряде районов Земли устойчивость экологических систем настолько нарушилась, что их саморегуляция не в состоянии восстановить утраченное равновесие.

Свойства экосистем

Согласно общей теории систем, экосистема обладает *общими свойствами*, характерными для сложных систем. К таким свойствам относятся: эмерджентность, принцип необходимого разнообразия элементов, устойчивость, вид обмена веществ или энергии, эволюция.

Эмерджентность системы – степень несводимости свойств системы к свойствам составляющих ее элементов. Свойства системы зависят не только от составляющих ее элементов, но и от особенностей взаимодействия между ними.

Принцип необходимого разнообразия элементов. Любая система не может состоять из абсолютно одинаковых элементов. Поэтому для функционирования любой системы необходимым условием является наличие разнообразия элементов, ее составляю-

исчезновению самого человека как вида.

В связи с этим проблемы численности народонаселения обсуждаются на самых разных уровнях. Высказываются самые разные точки зрения на эту проблему, которые часто диаметрально противоположны.

Относительно проблем народонаселения существует несколько концепций, из которых можно выделить следующие:

1) демографический максимализм - согласно этой концепции демографические проблемы надуманны и на Земле может проживать значительно большее количество людей, чем сейчас. К этой концепции примыкают теории популяционизма, согласно которым чем больше на Земле людей, тем лучше, эти теории особенно популярны в Африке;

2) концепция демографического фатализма - все демографические проблемы исчезнут сами по себе, так как человечество - саморегулирующаяся система, способная управлять своей численностью;

3) теория демографического биологизма - динамика численности населения подчиняется закону роста популяции по логарифмической кривой, т.е. в начальный период темпы роста численности возрастают, затем после достижения некоторой критической точки начинают убывать по мере приближения к асимптоте, вплоть до нуля. К этой группе теорий можно отнести и известную теорию Мальтуса.

4) концепция демографического алармизма - согласно этой теории рост численности населения ведет к голоду, росту смертности, эпидемиям и войнам.

5) концепция демографического детерминизма - рост населения является главным фактором общественного развития, причиной ускорения научно-технического прогресса.

6) концепция демографического финализма - считают, что уже в недалеком будущем все природные ресурсы будут исчерпаны и это приведет к неизбежной гибели человечества.

Одним из ведущих факторов в прогнозах будущего развития мира считается рост численности населения. В настоящее время имеется значительное количество сценариев и прогнозных расчетов относительно будущего нашей планеты. Такая озабоченность связана в первую очередь с огромным приростом населения в конце XX века, который составляет около 100 млн. человек в год.

Смысл, который вкладывается в понятие семья в развитых и развивающихся странах неодинаков. Во многих регионах Африки отец, его сыновья с женами и детьми часто проживают совместно или трудятся сообща. Кроме этого, многие мужчины имеют не одну, а несколько семей и при отсутствии частной собственности на землю она не делится между сыновьями и наследниками. В отдельных случаях для максимального обеспечения всем необходимым организуют производство товаров и услуг, это требует дополнительного количества рабочих рук. Это также является стимулом иметь много детей, вопрос об их обеспечении в будущем при этом игнорируется.

В развитых странах родители имеют возможность выбора, какое образование дать детям. В этих государствах родители предпочитают иметь небольшое количество детей, дав им хорошее образование. В большинстве развитых стран приняты законы, запрещающие использовать детский труд, и обязывающие родителей давать детям определенный уровень образования. Эти обстоятельства побуждают родителей ограничивать размер семьи, чтобы обеспечить свою семью только за счет собственного труда.

В слаборазвитых странах у родителей часто нет такого выбора, семьи часто настолько ограничены в средствах, что их недостаточно даже для того, чтобы дать образование одному ребенку, а в отдельных случаях даже отсутствуют школы. В этом случае единственным источником богатства являются дети.

Таким образом, в развивающихся странах дети служат дополнительным источником дохода и гарантией для родителей в старости.

Направленность динамики населения Земли

Так как численность населения непосредственно оказывает влияние на потребление ресурсов и состояние окружающей среды, поэтому бесконтрольный и ускоряющийся рост человечества в конечном итоге может привести к самым непредсказуемым последствиям. По мнению многих ученых, наиболее вероятные сценарии развития будущего - это исчерпание природных ресурсов и нарушение биотической регуляции биосферы, что может привести к

щих. Нижний предел разнообразия равен двум, верхний – бесконечность. Разнообразие и наличие разных фазовых состояний вещества, составляющих экосистему, определяют ее гетерогенность.

Устойчивость динамической системы и ее способность к самосохранению зависит от преобладания внутренних взаимодействий над внешними. Если внешнее воздействие на биологическую систему превосходит энергетику ее внутренних взаимодействий, то это может вызвать необратимые изменения или гибель системы. Устойчивое или стационарное состояние динамической системы поддерживается непрерывно выполняемой внешней работой, для чего необходим приток энергии, ее преобразование в системе и отток за пределы системы.

По виду обмена веществом и энергией с окружающей средой системы различают следующим образом:

- изолированные системы (никакой обмен не возможен);
- замкнутые системы (обмен веществом невозможен, а обмен энергией может происходить в любой форме);
- открытые системы (возможен любой обмен веществом и энергией). Системы, которые взаимосвязаны потоками вещества, энергии и информации, носят название динамических. Любая живая система представляет собой динамическую открытую систему.

Принцип эволюции: возникновение, существование и развитие всех систем обусловлено эволюцией. Динамические самоподдерживающиеся системы эволюционируют в сторону усложнения и возникновения системной иерархии (образование подсистем). Эволюция любой экосистемы ведет к увеличению суммарного протока энергии через нее. С увеличением разнообразия и сложности системы происходит ускорение эволюции.

Все без исключения экосистемы и даже самая крупная - биосфера являются открытыми, поэтому для функционирования они должны получать и отдавать энергию.

Составляющие экосистемы - это поток энергии, круговорот веществ, биотический и абиотический компоненты и управляющие петли обратной связи.

Общей чертой всех экосистем является взаимодействие автотрофных и гетеротрофных компонентов. Организмы, участвующие в различных процессах круговорота, разделены в пространстве: автотрофные процессы наиболее активно протекают в верхнем

ярус, куда проникает солнечный свет, гетеротрофные - в нижнем ярус, где в почвах и осадках накапливаются органические вещества.

Классификация экосистем

Наиболее распространены два типа признаков для классификации экосистем - функциональные и структурные.

Пример классификации экосистем по структурному признаку - разделение экосистем по биомам, или биомная классификация. Биом – совокупность сообществ, возникшая в результате взаимодействия регионального климата, биоты и субстрата. В наземных экосистемах признаком классификации является растительность, которая отражает особенности организмов, климатических, почвенных и гидрологических условий. В водных экосистемах, где растительность менее заметна, в основе классификации используются главные физические черты. Например, лентические и лотические воды, открытый океан и т.д.

В зависимости от природных и климатических условий можно выделить следующие типы природных экосистем (по Ю.Одуму, 1986):

Наземные биомы:

- тундра: арктическая и альпийская;
- бореальные хвойные леса;
- листопадный лес умеренной зоны;
- тропический грабленд и савана;
- чапараль - районы с дождливой зимой и засушливым летом;
- пустыня: тропическая и кустарниковая;
- полувечнозеленый тропический лес: выраженный влажный и сухой сезоны;
- вечнозеленый тропический дождевой лес.

Типы пресноводных экосистем:

- лентические (стоячие воды): озера, пруды;
- лотические (текучие воды): реки, ручьи;
- заболоченные угодья: болота и болотистые леса;

Типы морских экосистем:

- открытый океан (пелагическая)

ка, в развитых странах смертность заметно снизилась за счет достижений медицинской науки. Это привело к увеличению численности населения в этих странах. Однако с течением времени в этих странах начали происходить процессы снижения рождаемости.

Во всех странах причины снижения смертности одинаковы - это развитие системы общественного здравоохранения, улучшение ухода за больными, повышение качества питания.

Темпы роста населения в различных странах не одинаковы. В Дании, Швеции, ФРГ, Австрии этот показатель колеблется около нуля, в Италии, Канаде, США рождаемость пока еще превышает смертность. Для большинства развитых стран ежегодный прирост населения составляет около 0,6% в год, а в развивающихся - 2%.

Чтобы понять более высокий уровень рождаемости в развивающихся странах по сравнению с развитыми, следует рассмотреть роль детей в этих группах стран.

Рождение и воспитание детей в семьях, проживающих в развитых странах, связано главным образом с удовлетворением психологических потребностей, что не связано с экономической выгодой. Удовлетворение таких потребностей может быть достигнуто наличием 1-2 детей.

В развивающихся странах дети принимают участие в труде, увеличивают доход семьи, освобождают родителей от некоторых обязанностей и дают им уверенность в относительно обеспеченной старости. В аграрных африканских регионах более многочисленная семья может обработать больше земли и может стать богаче.

В африканских или азиатских регионах, в отличие от западных стран, дети не занимают центрального положения в семье. В развивающихся странах дети начинают работать с пятилетнего возраста. Кроме этого, большая часть семейного бюджета используется на нужды взрослых. В развивающихся странах также дети являются надежным обеспечением родителей в старости, особенно в тех случаях, когда государство не берет на себя эти обязанности. Родители, которые в течение многих лет вкладывали средства в воспитание детей, надеются, что в старости их труд будет вознагражден. Многие в этих семьях понимают, что развитием здравоохранения необходимость в такой большой семье отпадает, и численность детей будет постепенно уменьшаться.

Выделяют еще один из факторов роста численности населения - наследование собственности и получение образования.

стью замещается детьми.

В слаборазвитых странах СКР составляет 4,8, что приводит к удвоению численности населения в каждом последующем поколении. Это наглядно можно продемонстрировать по половозрастным пирамидам.

Прирост населения можно представить как разность между рождаемостью и смертностью, единицей измерения которых принято число рождений или смертей на 1000 человек. Эти показатели называют общими коэффициентами рождаемости (ОКР) и общими коэффициентами смертности (ОКС).

Темпы прироста населения (ТПН) можно выразить следующей формулой (%):

$$\text{ТПН} = 0,1(\text{ОКР} - \text{ОКС}).$$

По современным статистическим данным, в группе высокоразвитых стран ОКР=15, ОКС=9, следовательно, $\text{ТПН} = 0,1(15 - 9) = 0,6\%$. Если считать численность населения этих стран 1,2 млрд. человек, то прирост населения составит 7 млн. человек в год.

В группе слаборазвитых стран ОКР=31, ОКС=10, что дает $\text{ТПН} = 2,1\%$ в год. При современной численности населения в этих странах 3,9 млрд. человек увеличение населения составит 83 млн. человек в год.

Важным показателем роста численности населения считают увеличение количества людей в два раза, так как такое увеличение численности связано с удвоением необходимых для существования ресурсов. Для этого используют показатель *время удвоения*, т.е. отрезок времени, за который численность населения увеличится вдвое. Время удвоения определяют делением числа 70 на темп прироста населения, выраженный в процентах.

Для развитых стран время удвоения составит 117 лет (70:0,6), для развивающихся 33 года (70:2,1), а для отдельных стран время удвоения может быть еще короче.

Причины быстрого роста численности населения

Рост численности населения возможен при увеличении рождаемости и снижении смертности. Начиная с середины XVIII ве-

- воды континентального шельфа (прибрежные воды);
- районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством);
- эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, соленые марши и т.д.).

В этой классификации наземные биомы выделяют по естественным или исходным чертам растительности, а типы водных экосистем - по гидрологическим и физическим особенностям.

Общая характеристика природных ресурсов

В общем смысле под *ресурсами* понимают любые источники и предпосылки получения необходимых людям материальных благ. Существует множество различных классификаций ресурсов. Экологов в первую очередь интересуют ресурсы природные то есть вся совокупность естественных продуктов природы, используемых человеком для удовлетворения материальных культурных потребностей.

Естественные (природные) ресурсы и компоненты — части всей совокупности природных условий существования человечества и важнейшие составные части окружающей его естественной среды, которые используются или могут быть использованы в производственных или других целях. К природным ресурсам (богатствам) относят воду, почву, солнечное тепло, солнечную радиацию, полезные ископаемые, энергию приливов и отливов, животный мир, растительность, внутриземное тепло, силу ветра.

Природные ресурсы и компоненты принято делить на исчерпаемые и неисчерпаемые. К первым относят богатства недр, почву, растительный и животный мир. Ко вторым — воду, солнечную радиацию, энергию приливов и отливов, внутриземное тепло. Компоненты биосферы следует отнести к неисчерпаемым составляющим биосферы. Исчерпаемые ресурсы, в свою очередь, подразделяются на возобновимые (почва, флора и фауна, сырьё) и невозобновимые (богатства недр).

Используемые в производстве природные ресурсы в зависимости от их количества, качества и индивидуальных особенностей дифференцируют по характеру использования. Например, при

планировании и использовании возобновимых ресурсов предусматривают допустимые размеры изъятия и меры для ускорения их возобновления; в отношении невозобновимых ресурсов принимают меры для экономного их расходования, вторичного применения, изыскания заменителей и т. л.

К первой группе прежде всего относятся биологические ресурсы - растительность и животный мир. Это лесные ресурсы, ресурсы сельскохозяйственных растений, диких и домашних животных. Сюда же можно отнести и некоторые минеральные ресурсы, например выпадающие в осадок соли в соленых, водоемах. При определенных условиях возобновимые ресурсы могут в сравнительно короткий геологический период восстановиться качественно и количественно.

Ко второй группе относятся большинство полезных ископаемых — нефть, уголь, газ и т. д. Исчерпаемость ресурсов связана, во-первых, с их широкомасштабным применением. Изъятие этих ресурсов из природной среды происходит очень интенсивно, запасы их неуклонно уменьшаются. Во-вторых, эти ресурсы восполняются значительно более медленными темпами, чем происходит их потребление (нефть, уголь, сланцы и др.).

Можно также выделить относительно возобновимые ресурсы. Это прежде всего почвы, частично вышедшие из сельскохозяйственного оборота в результате водной и ветровой эрозии либо радиоактивного загрязнения, старые лесные древостой, торф, используемый в качестве топлива. По истечении определенного промежутка времени (от сотен до нескольких тысяч лет) эти ресурсы можно будет снова использовать.

ЛЕКЦИЯ 3 ВИДЫ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Классификация источников загрязнения и их характеристики
2. Кризисные экологические ситуации
3. Виды загрязнения окружающей среды

Одной из серьезных проблем, которую человечество будет вынуждено решать в будущем - рост численности населения.

Основную часть времени существования человечество провело при очень низкой численности. По оценкам специалистов, численность населения до начала освоения сельскохозяйственных технологий колебалась на уровне около 10 млн. человек и только к 1830г. она составила 1 млрд. человек. В XVII - XIX вв. рост численности населения перешел от эпохи медленного роста к эпохе взрывообразного роста. Если для достижения первого миллиарда численности населения Земли потребовался очень большой промежуток времени, то для второго - только 100 лет, т.е. 1930г. она составила 2 млрд. человек, через 30 лет - 3 млрд., через 15 лет (1975) - 4 млрд., и через 12 лет (1987г.) население Земли превысило 5-миллиардную отметку. Для увеличения населения Земли на 1 млрд. человек требуется все меньше и меньше времени. Такой темп роста численности населения наблюдается и в настоящее время. В мире каждую секунду рождается 21 ребенок и 18 человек умирает. При таком соотношении рождаемости и смертности ежедневно население планеты увеличивается на 250 тыс. человек, приближаясь к 100 млн. человек в год. Такая зависимость роста численности населения сохранится и в XXI веке.

Основной прирост населения планеты происходит за счет развивающихся стран.

Главным показателем, определяющим диспропорции в темпах прироста населения, является суммарный коэффициент рождаемости (СКР), который означает среднее число детей, рождаемое каждой женщиной в течение жизни.

Если предположить, что все родившиеся дети выживут, то при СКР=2 будет обеспечена постоянная численность населения, т.е. два ребенка заменят отца и мать после их смерти. При СКР<2 численность населения будет уменьшаться, а при СКР>2 - увеличиваться.

Анализ современной ситуации показывает, что в высоко развитых странах СКР равен 1,9, т.е. меньше простого воспроизводства. Однако численность населения в этих странах продолжает расти, так как в прошлом СКР был более высоким и смертность меньше рождаемости за счет увеличения продолжительности жизни. Со временем численность населения в этих странах стабилизируется и даже уменьшится, так как нынешнее поколение не полно-

ют, что время, за которое почва может стать чище от загрязнения цезием-137 в два раза (период полувыведения нуклидов), может колебаться в зависимости от типа почвы от 7,5 до 14 лет (по мнению белорусских ученых, эта величина для почв Беларуси выше и составляет от 17 до 23 лет). Самоочищение почв после Кыштымской аварии от загрязнения стронцием-90 было примерно таким же. Период полувыведения его составлял в среднем 10 лет.

К отрицательному техногенному фактору на территории Беларуси можно отнести и чрезмерную увлеченность минеральными удобрениями и ядохимикатами. Широкое использование минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве порождает ряд проблем. Ядохимикаты подавляют биологическую активность почв, уничтожают микроорганизмы, червей, уменьшают естественное плодородие почв. В пойменных землях Нечерноземья еще недавно было до 300 земляных червей на 1 м². Сейчас их численность сократилась местами в десятки и сотни раз. У сотен видов насекомых возникли популяции, устойчивые к ядам, что заставляет искать новые дорогие препараты, усиливать химический пресс.

ЛЕКЦИЯ 7 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НАСЕЛЕНИЯ

1. Рост народонаселения
2. Причины быстрого роста численности населения
3. Направленность динамики населения Земли

РОСТ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ

Взрывообразный рост численности населения и сопряженное с ним развитие экономики привели к беспрецедентному давлению на биосферу, в результате создалась ситуация, при которой появилась угроза существования жизни на Земле. Самыми острыми экологическими проблемами современности можно считать следующие: рост численности населения, обеспеченность ресурсами и энергией, загрязнение биосферы и вероятность проявления глобального экологического кризиса.

Классификация источников загрязнения и их характеристики

Загрязнение окружающей среды (ЗОС) — поступление в природную среду любых твердых, газообразных веществ, микроорганизмов или энергий (в виде звуков, шумов, электромагнитного и радиоактивного излучения) в количествах, вызывающих; изменение состава и свойств компонентов природы и (или) оказывающих вредное воздействие на человека, флору и фауну.

Виды ЗОС различны и многообразны: выбросы в атмосферу химических соединений и смесей, поступление в водную среду всевозможных производственных и коммунально-бытовых отходов, попадание в нее нефтяных продуктов; засорение ландшафтов мусором и упаковочными материалами, загрязнение полей, лугов, лесов и водных объектов пестицидами, повышение уровня ионизирующей радиации, производственных и бытовых шумов, вибраций, а также накопление тепла в атмосфере.

По характеру происхождения или воздействия на организмы и экосистемы выделяют следующие виды ЗОС: антропогенное, естественное, механическое, физическое, биологическое, химическое, шумовое, радиоактивное, электромагнитное.

Известно более 200 загрязняющих атмосферу веществ, причем по мере освоения новых технологических процессов и создания новых продуктов производства число загрязняющих веществ возрастает. Этому способствуют также реакции в атмосфере и других средах между загрязняющими веществами под воздействием солнечного света, окислительно-восстановительных процессов и других реакций.

Наиболее распространенное загрязняющее среду вещество — углекислый газ. Двуокись углерода CO₂ (непрерывную составляющую атмосферного воздуха) приходится рассматривать как загрязняющее вещество в связи с тем, что за последние десятилетия его поступление в атмосферу в результате сжигания угля, нефти, газов, сланцев и других горючих материалов настолько велико, что не может полностью перерабатываться растениями планеты и растворяться водами мирового океана.

Из других газов наибольшую опасность представляют окись

углерода CO (угарный газ), окислы серы S_xO , и азот N_xO , соединения фтора HF_4 , аммиак NH_3 , вредно воздействующие на организм человека, животных, растения, микрофлору и фауну почвы. К загрязняющим веществам относятся и взвешенные в воздухе частицы: дым, пыль, аэрозоли, мелкие комочки почвы и т. п.

Большую опасность оказывают попадающие в организм животных и человека через пищу, воду и воздух соединения тяжелых металлов — ртути, свинца и кадмия, а также фосфатов, нитратов и нитритов. Серьезную опасность для среды и для человека представляет загрязнение вод мирового океана нефтепродуктами, которые снижают фотосинтезирующую способность фитопланктона и ухудшают условия жизни морских животных.

Увеличивается засорение природной среды твердыми отходами. Использование или ликвидация таких отходов представляет немалую трудность.

К загрязняющим веществам относятся также ядохимикаты, широко используемые для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. Особенно опасны хлорорганические соединения ДДТ, альдрин, дильдрин и др., способные аккумулироваться в тканях организмов.

Способы и пути борьбы с ЗОС разнообразны: устройство очистных сооружений, установка пылегазоулавливающих фильтров, создание и внедрение безотходных и малоотходных технологий, замкнутых циклов водопользования, замена химических способов борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных и лесных растений биологическими, устройство звукопоглощающих приспособлений, использование отходов для получения полезной продукции, поиски новых видов топлива. Использование для технических и бытовых нужд тепла геотермальных источников, силы ветра, морских приливов, солнечного тепла, установление режима пользования автомобильным и авиационным транспортом.

Источники загрязнения природной среды (ИЗПС) — любые объекты производственной и бытовой деятельности людей, а также явления природы, приносящие в атмосферу, гидросферу, литосферу и органический мир Земли загрязнение.

Основные ИЗПС — моторизованные транспортные средства, тепловые электростанции, металлургические, нефтеперерабатывающие и цементные заводы, предприятия химической, целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности, сельскохозяйственное

вающего на загрязненных йодом-131 территориях, составила 1,5 млн. человек, в том числе 160 тыс. детей в возрасте до 7 лет.

В атмосферу попало около 33 % цезия-137, находящегося в реакторе. Это значит, что выброшенным оказалась $74 \cdot 10^{15}$ Бк цезия-137 и $18,5 \cdot 10^{15}$ Бк цезия-134. Количество же стронция-90 составило $8,14 \cdot 10^{15}$ Бк. Выпадение нуклидов из облака и вымывание их из атмосферы дождевыми осадками над некоторыми районами страны привели к формированию пятен загрязнения, где подавляющим был цезий. Поэтому они получили название «цезиевых пятен». В пределах Беларуси выделяются 4 радиогеохимических «цезиевых пятен»:

центральное (западнее и северо-западнее Минска с уровнем содержания цезия-137 от 37 до 555 кБк/м²;

юго-западное (южная часть Припятского Полесья вплоть до Пинска) с уровнем содержания цезия-137 37—185, местами 370—555 кБк/м²;

восточное (север Гомельской и юг Могилевской обл. ластей) с уровнем содержания цезия-137 555—1480 кБк/м² и более. В Чудянах Чериковского района — 5402 кБк/м²;

юго-восточное (южные и юго-восточные районы Гомельской области) с уровнем загрязнения цезием-137 свыше 1480 кБк/м².

Большая часть нуклидов, выпавших на почву, в настоящее время находится в верхних ее слоях. Глубина их перемещения зависит от типа почвы. В песчаных почвах они находятся в 5-сантиметровом слое в торфоболотных почвах — на глубину 30—45 см и глубже. Однако глубина перемещения нуклидов в однородных почвах также неодинаковая. Выяснено, например, что в глинистых и песчано-подзолистых почвах лучшей подвижностью обладает стронций-90 и меньшей — цезий. В илистых и торфоболотных почвах — соответственно цезий-137 и стронций-90. Такие различия принято объяснять способностью почвы фиксировать на своих частицах отдельные нуклиды.

Самоочищение почвы за счет перемещения и естественного распада нуклидов происходит медленно. Ежегодное снижение содержания их в верхнем 5-см слое почвы составляет примерно 5—10%, а в нижележащих слоях оно уменьшается на 1 - 2%. В результате к 1990 г. величина экспозиционной дозы во многих загрязненных районах снизилась примерно на 10—40 %. Расчеты показыва-

20,76 млн. га. На долю продуктивных земель приходится примерно 86% этой площади, немногим более 6 % составляют земли, отведенные под дороги, постройки, торфоразработки и прочее, и около 8 % - так называемые неиспользуемые земли (болота, кустарники, пески).

На почвенный покров Беларуси в настоящее время оказывается значительное антропогенное давление. В первую очередь это проявляется в накоплении в почвах республики разного рода техногенных элементов. Наиболее опасны продукты радиоактивного распада, которые загрязнили значительную часть почвенного покрова Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС.

В Республике Беларусь до после аварии на Чернобыльской АЭС уровень загрязнения территории нуклидами был таким: цезием-137 1,5—3,7 кБк/м², стронцием-90 0,74—1,5 кБк/м², плутонием-239, -240 не превышал 0,037—0,059 кБк/м². Причем количество цезия-137 колебалось от 1,2 до 25,5 Бк/кг, а стронция-90 — от 0,7 до 16,3 Бк/кг почвы. Количество стронция-90 было неодинаковым для различных регионов. Больше всего его содержалось в торфяно-болотных почвах. Для цезия-137 такая закономерность не характерна, так как в отличие от стронция-90 он не образует органических соединений.

Выпадения нуклидов продолжавшиеся в течение 3 месяцев после катастрофы, вызвала масштабные загрязнения территории — цезием с уровнем 37 кБк/м² и более свыше 131 тыс. км², а радиоактивному воздействию подверглись более 4,8 млн. человек.

Вся площадь загрязнения в России составила 47 170 км², на Украине — 37 450 и в Беларуси — 46 450 км². Воздействию радиации в республике подверглись 3370 населенных пунктов 54 районов с населением свыше 2 млн. человек, в том числе 800 тыс. детей.

Содержание короткоживущих нуклидов в почве стабилизировалось в первой декаде мая 1986 г. Наиболее загрязненными оказались 39 районов бывшего СССР, в том числе 14 районов Беларуси. Это прежде всего территории Ветковского, Брагинского, Чериковского, Хойникского, Краснопольского и ряда других районов республики. Уровень загрязнения йодом-131 в этих районах колебался в среднем от 20,5 МБк/м² в Ветковском районе до 814 кБк/м² в Климовичском. Загрязненность почвы йодом-131 практически исчезла в августе 1986 г. Общая численность населения, прожи-

производство (отходы животноводства, пестициды), шахтные и рудничные терриконы, свалки городского мусора. К *ИЗПС* относятся также лесные пожары, пыльные бури, извержения вулканов, горные лавины, сели, скопления отдельных видов цветущей растительности, поставляющей в среду сложные эфиры и пыльцу.

Некоторые природные и антропогенные факторы могут усиливать вредное воздействие загрязняющих веществ: вырубка лесов на горных склонах усиливает действие селей; распашка земель на крутых склонах создает условия для появления и развития водной эрозии, ведущей к физическому и биологическому загрязнению водных объектов; сочетание неблагоприятной с наличием густого тумана погоды и загрязняющих веществ в воздухе в городах и промышленных агломерациях способствует образованию смога.

Как правило, большая часть загрязняющих веществ в атмосфере и литосфере локализуется вблизи источников загрязнения. Вместе с тем во многих случаях отмечается перенос загрязняющих веществ воздушными и водными течениями на сотни и тысячи километров от источников загрязнения.

Экологическое равновесие — состояние экологической системы или биотического сообщества, характеризующееся устойчивостью, способностью к саморегуляции, сопротивляемостью нарушениям, восстановлению первоначального состояния, существовавшего до нарушения ее равновесия.

Самоочищение природной среды — способность природы к самоочищению от загрязняющих техногенных, бытовых и других загрязняющих веществ. Самоочищение природной среды происходит непрерывно и протекает в связи с круговоротом веществ в природе.

Кризисные экологические ситуации (КЭС) — ситуации, возникающие в экологических системах (биогеоценозах) тех или иных районов и регионов земного шара в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных явлений (например, землетрясений, извержения вулканов, наводнений, ураганов, засухи, лесных пожаров и др.) или в результате антропогенных факторов. Экологическим системам (биогеоценозам), развивающимся по естественным законам, присуще свойство саморегуляции, т.е. восстановления при определенных условиях структуры, внутренних связей и свойств, нарушенных внешними силами. Эта

способность постепенно приводит к восстановлению нарушенного равновесия, возобновлению нормального функционирования той или иной системы. Однако иногда нарушения бывают так велики пространственно и значительны по глубине, что экосистема (биогеоценоз) видоизменяется или погибает.

Виды загрязнения окружающей среды

Хозяйственная и производственная деятельность человека по мере своего развития и совершенствования постепенно привела к усилению антропогенного воздействия на природную среду, отдельные ее компоненты и естественные богатства. Нерациональное использование природных богатств особенно значительно стало сказываться в эпоху капитализма и империализма. К КЭС относят резкое загрязнение атмосферы и воды продуктами производства и жизнедеятельности, деградацию почвенного покрова, уменьшение численности или полное исчезновение популяций промысловых животных, ксерофитизацию местности и др.

Однако гораздо более опасны искусственные загрязнители промышленные, транспортные и бытовые выбросы. Условно и можно разделить на несколько групп:

1. *Механические загрязнители* - различные выбросы промышленных предприятий (цементные заводы), дым от сгорания угля в котельных, топках и печах, сажа от сгорания нефти, истирающаяся резина автопокрышек и т. п.

2. *Химические загрязнители* - пылевидные или газообразные вещества, способные вступать в химические реакции.

3. *Радиоактивные загрязнители* - опасные выбросы радионуклидов в результате аварий на атомных электростанциях атомных военных объектах, радиоактивное загрязнение от оружия массового поражения и от отходов ядерного производства.

Основным источником загрязнения атмосферы является промышленность и, прежде всего, тепловые электростанции и топки промышленных предприятий. При неполном сгорании топлива на этих предприятиях в атмосферу выделяются механические загрязнители - несгоревшие частицы, зола, хлопья сажи и т.п. Угольная электростанция мощностью 700 МВт, работающая при полной

снижаются урожаи зерновых и других культур.

Урбанизация природного ландшафта — превращение естественного ландшафта в искусственный под влиянием городской застройки. Городской ландшафт — один из самых преобразованных, поскольку значительная часть территории городов покрыта асфальтом, бетоном, камнем, занята домами, промышленными предприятиями, транспортными магистралями.

Города возникли более 4 тыс. лет назад, однако вплоть до XX в. темпы их роста и влияние на природу были умеренными. Стремительная урбанизация — одна из самых значительных особенностей современной эпохи. Характерно, что города превращаются в городские агломерации, которые сливаются в гиперурбанизированные районы — мегалополисы. В мегалополисе Большого Нью-Йорка насчитывается 16 млн. чел., на южном побережье Великих озер—30 млн., в зоне Кейхизи (район Токио—Иокогама)—20 млн. и т. д.

Рекультивация земель — комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Восстановление нарушенных земель — сложная комплексная задача. Процесс рекультивации делится на два этапа: первый— это техническая, а второй — биологическая рекультивация. На первом этапе выравнивают поверхность, засыпают карьеры, рвы, рытвины, осуществляют химическую мелиорацию грунта, оставшегося на месте разработок, насыпают плодородный слой почвы, на втором этапе восстанавливают плодородие почвы.

Загрязнение земель Беларуси

Для территории Беларуси характерны следующие основные типы почв: дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерново-болотные, дерновые, торфяно-болотные и пойменные. По составу подстилающих пород они подразделяются на песчаные, супесчаные, суглинистые на моренах, лессах, флювиогляциальных, аллювиальных, озерных и иных отложениях.

Общая площадь земли Беларуси оценивается цифрой в

фидов создаются условия для образования серной кислоты, которая и вызывает подкисление почв. Проявляется этот процесс тем интенсивнее, чем меньше в пахотном горизонте соединений кальция. Сильно подкисленные земли в ряде случаев могут стать почти бесплодными. Чтобы нейтрализовать повышенную кислотность и возродить плодородие почв, приходится вносить большие дозы известковых материалов и органических удобрений.

Подтопление и заболачивание земель — возникающие при сооружении крупных водных объектов и плотин на реках процессы, в результате которых создается подпор грунтовых вод, усиливается инфильтрация воды из водохранилищ в прилегающие пойменные и долинные земли;

Ксеротизация местности — постепенное уменьшение степени увлажнения почвы и общее нарастание сухости в экологических системах, ландшафтах и на значительных территориях суши. Ксеротизация — следствие постепенного усиления воздействия человека на почвенный покров. Наиболее существенными причинами ксеротизации ученые считают обезлесение территорий, которое привело к уменьшению влаги и снижению горизонта грунтовых вод из-за усиления испарения и поверхностного стока.

Ксеротизация ведет к уменьшению биологической продуктивности экологических систем и усилению неблагоприятного воздействия на растительность засух, суховеев, весенних и ранних осенних заморозков, ледяной корки. Развитие ксеротизации в степных местностях приводит к перестройке биогеоценозов, к преобладанию в фитоценозах ксерофитов и нередко к остепнению и опустыниванию территорий. Многие ученые считают, что все пустыни Ближнего Востока появились в результате хозяйственной деятельности человека, а площадь Сахары по этой причине ежегодно увеличивается на 100 тыс. га.

Уплотнение почвы — следствие воздействия на пахотный горизонт почвообрабатывающих и посевных машин, удобрительной и уборочной техники, автомобилей.

Чрезмерное воздействие ходовых систем различных машин на почву ухудшает ее агрономические свойства: плотность, твердость, воздухо- и водопроницаемость. При многократных проходах по пашне тракторов плотность почвы зачастую превышает свой верхний оптимальный предел и содержание воздуха в пахотном слое опускается ниже критического уровня. В результате этого

или средней нагрузке и потребляющая в год около 1 млн. т угля с содержанием серы 1 %, за час работы на полной мощности выбрасывает в воздух: 500 т диоксида углерода, 0,15 т оксида углерода, 7,0 т диоксида серы, 1,7 т оксидов азота, 0,05 т углеводородов и 0,7 т пыли.

Существует проблема загрязнения атмосферы резиновой пылью от стирающихся автопокрышек. Достаточно сказать, что в год каждый автомобиль выделяет примерно 10 кг резиновой пыли. Эксперименты на животных показали, что пыль, присутствующая в городском воздухе, может вызывать образование злокачественных опухолей. Такой материал, как асбест, широко применяемый в технике, способен провоцировать заболевания легких. Вдыхание асбестовой пыли может приводить к раку плевры, брюшины и легких.

В последнее время благодаря разработке и внедрению эффективных фильтров для промышленных предприятий количество поступающих в атмосферу механических частиц снизилось. Первенство перешло к *химическим загрязнителям*. Прежде всего это сернистый газ, выделяющийся при сжигании угля, сланцев, нефти и ее производных.

Весьма опасным для окружающей среды и для здоровья человека является такой токсикант, как свинец. Даже если человек получает ежедневно всего миллиграмм свинца, у него через определенное время начинаются запоры, появляются боли в области сердца.

Наиболее опасным загрязнением атмосферы все же следует признать радиоактивное заражение. В настоящее время ядерные электростанции действуют во многих странах мира (около 30). В каждом 1000-мегаваттном реакторе содержится столько же радиоактивного материала, сколько бы выпало после взрыва тысячи бомб мощностью с хиросимскую. Каждый реактор ежегодно производит тонны радиоактивных отходов, и некоторые из них остаются опасными в течение более чем 500 тыс. лет. До сих пор не найдено безопасных методов ликвидации и хранения этих веществ.

В пищевой цепи плутоний в больших количествах содержится в рыбе, птице, яйцах и молоке. Частички плутония могут откладываться в мужских и женских половых железах последующих поколений человека, вызывая множественные генетические повреждения на протяжении до 500 тыс. лет, а поврежденные гены будут передаваться от поколения к поколению. Изотоп плутоний-241

имеет другое «убийственное» свойство. Он порождает америций - побочный продукт с периодом полураспада 460 лет. Америций из-за более высокой растворимости еще опаснее, так как с большей легкостью включается в пищевую цепь.

Из всех живых существ, населяющих планету Земля, человек является наиболее восприимчивым к канцерогенному воздействию радиации. Кроме провокации рака, радиация вызывает генетические мутации - резкое изменение наследственных признаков организма. Причем воздействует она на все живые организмы. Основные источники радиационного воздействия на человека - производство атомной энергии и ядерного оружия. Они ведут к образованию сотен радиоактивных элементов, которые, внедряясь в пищевые цепи, циркулируют в почвах, реках, озерах, океанах.

ЛЕКЦИЯ 4 ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

1. Особенности загрязнения атмосферы
2. Парниковый эффект
3. Озоновая проблема
4. Кислотные дожди
5. Основные источники загрязнения Беларуси
6. Выбросы загрязняющих веществ атмосферу в Беларуси

Особенности загрязнения атмосферы

Наружная газовая оболочка, окутывающая Землю, называется атмосферой. Основные составляющие ее газы - азот и кислород. Из числа так называемых малых газов наиболее важными являются озон и углекислый газ. Современный газовый состав атмосферы находится в динамическом равновесии, которое поддерживается совместной деятельностью автотрофных и гетеротрофных организмов и различными глобальными геохимическими явлениями.

Обычно атмосферу делят на три части. Нижняя часть - *тропосфера*. Ее толщина составляет 7-10 км над полярными широтами и 16-18 км над экватором. Данный атмосферный слой содержит

рушения почвенного покрова и сноса его частиц потоками воды (водная эрозия) или ветром (ветровая эрозия, дефляция). В естественных условиях эрозия почв происходит постоянно, но, как правило, медленно и не принимает угрожающих размеров. В результате же хозяйственного воздействия на почвенный покров она может резко усилиться и нанести большой ущерб не только сельскому, но и всему народному хозяйству.

При эрозии почв значительно снижается плодородие земель и продуктивность пастбищ. Смыв и размыв почвы приводит к образованию на сельскохозяйственных угодьях промоин и оврагов, при наличии которых не только затрудняются обработка земель и использование техники, но изымаются из сельскохозяйственного оборота значительные площади пашни. Следствие эрозии почв — заиление рек и водоемов, ухудшение состояния пойменных земель.

Появлению и развитию эрозионных процессов способствуют бессистемная вырубка леса, неумеренный выпас скота на пастбищах, особенно в горной местности, неправильная пахота на склонах, распашка легких почв в засушливых зонах.

Водная эрозия почв как процесс смыва, вымывания частиц почвы, а нередко и грунта талыми и ливневыми водами протекает на пологих склонах медленно и на начальных стадиях малозаметна. При этом равномерно сносится в начале верхний, богатый гумусом слой почвы, а затем почва, лишившись растительности, быстро разрушается. Этот вид эрозии обычно называют поверхностным, или плоскостным. Для местности с большим уклоном характерны струйная и овражная виды эрозии, скорость которых определяется крутизной склонов, характером (структурой) почвы и природно-климатическими условиями.

Ветровая эрозия почв (дефляция) как процесс выдувания и переноса ветром мелких сухих частиц почвы и подстилающих ее пород приводит к снижению плодородия земли и даже к паяному уничтожению почвенного покрова. Развиваясь на сухих почвах с большим содержанием песчаных и пылевых частиц, эрозия при сильных ветрах вызывает пыльные, или черные бури.

Подкисление почв — изменение кислотности почвы в сторону уменьшения pH, вызванное поступлением загрязняющих почву химических веществ. Оно возникает, когда в осушаемых почвах содержатся соединения сернистых металлов, особенно сернистого железа. При осушении таких почв и последующем окислении суль-

Установлено, что 20-сантиметровый слой почвы на пологих склонах разрушается эрозией под культурой хлопка за 21 год, под культурой кукурузы - за 50 лет, под луговыми травами - 25 тыс. лет, под пологом леса - за 170 тыс. лет.

Загрязнение почвы — попадание в почву различных химических веществ, токсикантов, отходов сельскохозяйственного и промышленного производств, коммунально-бытовых предприятий в размерах, превышающих их количество, необходимое для участия в биологическом круговороте почвенных экологических систем.

Наиболее распространенные загрязняющие вещества — гербициды, дефолианты, пестициды, соединения ртути, поступающие в почву в ходе технологических процессов выращивания сельскохозяйственных культур. Эти химические соединения способны накапливаться в почве и изменять ее физические и химические свойства (снижают численность почвенных микроорганизмов и дождевых червей, ухудшая тем самым плодородие земли).

Наиболее распространенными загрязняющими почву веществами, поступающими из атмосферы, являются окислы серы и азота. Они попадают в почву вместе с осадками, повышают ее кислотность, заметно снижая плодородие, а также качество выращиваемой на них продукции. Подкисление земли вызывается также поступлениями различных соединений серы и азота вместе с отходами органических масс из городов, с животноводческих ферм и птицефабрик. Вместе с навозом, фекалиями, городским мусором и другими нечистотами в почву нередко поступают болезнетворные бактерии, яйца гельминтов и другие патогенные организмы, вредные для животных и человека.

Отрицательное воздействие на почву токсикантов в различных природных условиях сказывается неодинаково. Больше всего токсичных веществ скапливается в пониженных местах, меньше их в холмистой и горной местности, а также в поймах, откуда они вымываются потоками воды.

Виды деградации почвы

Эрозия почвы (от лат. erodere — разъедать) — процесс раз-

примерно 90 % массы воздуха, а также основное количество атмосферных примесей. Здесь содержится почти весь водяной пар, который образует облака. Следующий слой - *стратосфера*. Он распространяется примерно до высоты 60 км. В этом слое находится особая прослойка с повышенной концентрацией озона — озоновый слой. И выше стратосферы располагается *ионосфера*, где воздух находится в ионизированном состоянии. Он имеет протяженность в сотни километров.

Слой воздуха высотой 50-100 м называют *приземным*. Здесь наиболее резко изменяются метеорологические факторы. Ученые справедливо полагают, что человечество столкнулось с одним негативным явлением, таким, как загрязнение приземного слоя атмосферы и почвы избытком CO_2 .

Углекислый газ обладает большей плотностью, чем кислород или азот. Поэтому слой CO_2 плотно покрывает водный и почвенный покров Земли. Сам по себе углекислый газ является опасным компонентом атмосферы для всего живого. Зарегистрированное увеличение концентрации CO_2 у поверхности Земли является причиной возникновения в одних местах сильнейших засух, а в других - опасных наводнений.

Схематично механизм иссушения почвы можно представить себе следующим образом. Припочвенный слой CO_2 (до 100-110 см) нагревается более интенсивно от излучения Солнца поскольку плотность этого газа почти в полтора раза выше плотности чистого атмосферного воздуха. Его температура почти всегда на полтора выше средней температуры воздуха. Это способствует интенсификации испарения из почвы влаги, пары которой проходят через этот слой с потоком теплого воздуха. Все это приводит к иссушению почвы и возникновению так называемого «эффекта пустыни». Следствием таких засух является чрезмерное увеличение осадков в других регионах.

Повышение содержания CO_2 в приземном слое атмосферы может привести к массовому уничтожению всего живого в почвенном покрове и ухудшению его плодородия. Кроме того, кислородный «голод» ухудшает состояние человека и домашних животных. К примеру, в условиях городов уже в начале лета листва высаженных вдоль улиц деревьев - лип, каштанов, тополей начинает свертываться, сохнет, сереет и не достигает полноценного развития. Такие растения уже не в состоянии успешно расщеплять углекис-

лый газ, и его концентрация постепенно увеличивается. В связи с этим неудивительно, что жители крупных городов часто страдают «беспричинной» утомляемостью.

В связи с угрозой углекислотного отравления необходим систематический контроль содержания CO_2 на планете. Единственный выход в создавшейся ситуации - широкое использование альтернативных источников энергии.

Парниковый эффект

Средняя температура Земли в настоящее время составляет около 15°C . При данной температуре поверхность Земли и атмосфера находятся в тепловом равновесии. Нагреваясь энергией Солнца и инфракрасным излучением атмосферы, поверхность Земли возвращает в атмосферу в среднем эквивалентное количество энергии. Это энергия испарения, конвекции, теплопроводности и инфракрасного излучения.

В последнее столетие деятельность человека, связанная с техническим прогрессом, привносит дисбаланс в соотношение поглощаемой и выделяемой энергии. До вмешательства человека в глобальные процессы Земли изменения, происходящие на ее поверхности в атмосфере, были связаны с содержанием в природе газов, которые с легкой руки ученых были названы «парниковыми». К таким газам относятся диоксид углерода, метан, оксид азота и водяной пар. Сейчас к ним добавились антропогенные хлорфторуглероды (ХФУ). Без газового одеяла, окутывающего Землю, температура на ее поверхности была бы ниже на $30\text{--}40$ градусов. Существование живых организмов в таких условиях было бы весьма проблематичным.

Итак, парниковые газы временно удерживают тепло в атмосфере, благодаря чему создается так называемый *парниковый эффект*.

Одна из основных экологических проблем связана с тем, что в результате техногенной деятельности человека некоторые парниковые газы увеличивают долю своего участия в общем балансе атмосферы. Это касается прежде всего углекислого газа, содержание которого из десятилетия в десятилетие неуклонно растет Уг-

вого океана. Наиболее продуктивен поверхностный слой почвы (от 2 до 25 см), в нем сосредоточена значительная масса органических соединений углерода, азота и органических соединений кремния, алюминия, железа, калия, а также микроорганизмов.

Почвенный покров — важнейший биологический адсорбент и нейтрализатор загрязнения, а обитающие в почве микроорганизмы играют важнейшую роль в минерализации остатков органических веществ, поддержании самоочищающей способности биосферы, обеспечении круговорота веществ и энергии в природе. Сохранение почвенного покрова Земли — важнейшее условие обеспечения и поддержания экологического равновесия в биосфере.

Земельный фонд планеты — площадь суша земного шара, доступная хозяйственному использованию. Общая площадь суши на земном 148 млн. км^2 , но из них 14 млн км^2 занято ледниками, 17 тундровые и лесотундровые, общая площадь пустынь равна $15 - 20$ млн. км^2 ($11\text{--}14\%$). По данным ФАО на начало 70-х обрабатывалось около $1,5$ млрд. га т.е. $10,8\%$ потенциально пригодной к использованию суши. Луга и пастбища занимают почти 3 млрд. га ($22,3\%$). В расчете на душу населения земли, луга и пастбища составляют около 1 га, однако эта величина имеет тенденцию неуклонно снижаться в связи с ростом народонаселения Земли и выбытием части угодий из сельскохозяйственного оборота. Ежегодно теряется для использования $5\text{--}7$ млн. га угодий различного вида.

По мнению экспертов ООН, к 2010 г. для сельхозпроизводства может быть потеряно до $650\text{--}700$ млн. га земель. Предполагают также, что, человечество может ввести в активный сельскохозяйственный оборот приблизительно такое же количество, какое обрабатывается в настоящее время, доведя распаханность до $20\text{--}25\%$. Один из источников расширения площадей сельскохозяйственный угодий — леса, которыми занято 4 млрд. га.

Распаханность земель по странам и континентам крайне неодинаково. Например, в Бразилии она составляет $1,1\%$, в Австралии— $1,2$. Канаде— $2,4$, Африке— 9 , Индии— $30,1$, Европе— 31 , на о. Ява (Индонезия)— 70% . Дальнейшее освоение земель для нужд сельского хозяйства диктуется прежде всего необходимостью обеспечения быстрорастущего народонаселения Земли продуктами питания, а также потерями части используемых в сельскохозяйственном производстве угодий.

В результате нестационарности процессов в речном русле происходит седиментация взвешенных и увлекаемых наносов на участках с замедленным течением рек. Это приводит к созданию локальных подвижных экологически опасных центров скопления радионуклидов в донных отложениях, являющихся источниками вторичного радиоактивного загрязнения рек.

ЛЕКЦИЯ 6 ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

1. Почвенный покров
2. Виды деградации почвы
3. Загрязнение земель Беларуси

Почвенный покров

Если представить Землю размером с куриное яйцо, то ее почвенный плодородный слой окажется настолько тонким, что его трудно будет различить невооруженным глазом.

Почвенный покров — один из важнейших природных ресурсов нашей планеты, средство производства в объект приложения труда, главный источник получения продуктов питания, ценнейшее достояние наций, народов и государств.

Почва — гигантская экологическая система, оказывающая наряду с Мировым океаном решающее влияние на всю биосферу. Почвенный покров состоит из бесчисленного множества биогеоценозов (экосистем) и ландшафтов, основными взаимосвязанными компонентами которых являются горные породы, растения, животные и микроорганизмы. В гумусе и внутрипочвенных веществах удерживается примерно такой же запас связанной энергии, как и в наземной фитомассе. Почвенный гумус — гигантская природная лаборатория, где непрерывно происходят биологические процессы и химические реакции, создающие условия для произрастания растений и накопления биомассы.

Установлено, что суша по запасам углерода биомассы и величине годового связывания углерода вдвое продуктивнее Миро-

лекислый газ создает 50% парникового эффекта, на долю *XФУ* приходится 15-20 % и на долю метана - 18 %.

В первой половине XX в. содержание углекислого газа в атмосфере оценивалось в 0,03 %. В 1956 г. ученые провели специальные исследования в рамках Первого международного геофизического года. Приведенная величина была уточнена и составила 0,028%. В 1985г. измерения были проведены снова, и оказалось, что количество углекислого газа в атмосфере возросло до 0,034%, Таким образом, увеличение содержания CO_2 в атмосфере - факт доказанный.

За последние 200 лет в результате антропогенной деятельности содержание оксида углерода в атмосфере увеличилось на 25%. Связано это, с одной стороны, с интенсивным сжиганием ископаемого топлива газа, нефти, сланцев, угля, а, с другой, - с ежегодным уменьшением площадей лесов, которые являются основными поглотителями углекислого газа. К тому же развитие таких отраслей сельского хозяйства, как рисоводство и животноводство, а также увеличение площадей городских свалок приводит к увеличению выделения метана, оксида азота и некоторых других газов. Следовательно, если количество вещества, поглощающего в инфракрасной области (например, углекислого газа), растет, то земная поверхность поглощает больше энергии и ее температура увеличивается.

Вторым по значению «парниковым» газом является метан. Его содержание в атмосфере ежегодно увеличивается на 1%. Биологические превращения метана способны осуществлять только очень специфические бактерии. Наиболее значимые его «поставщики» - свалки, крупный рогатый скот, рисовые поля. Запасы газа на свалках крупных городов можно рассматривать как небольшие газовые месторождения. Что касается рисовых полей, то, как выяснилось, несмотря на большой выход метана, в атмосферу его поступает относительно мало, поскольку большая часть расщепляется бактериями, связанными с корневой системой риса.

Так где же метан максимально концентрируется в атмосфере? Такие максимумы были найдены в высоких широтах Северного полушария. Ученые установили, что в тундре, особенно над кочками с пушицей, довольно много метана. Там были найдены бактерии, образующие метан при низких положительных температурах (+5 °C).

Таким образом, сегодня уже не остается сомнений, что тенденция использования преимущественно ископаемого топлива неизбежно ведет к глобальному катастрофическому изменению климата. При нынешних темпах использования угля и нефти в ближайшие 50 лет прогнозируется повышение среднегодовой температуры на планете в пределах от 1,5°C (близ экватора) до 5°C (в высоких широтах).

Повышение температуры в результате парникового эффекта грозит небывалым экологическим, экономическим и социальным взрывом. Уровень воды в океанах может подняться на 1-2 м за счет морской воды и таяния полярных льдов. Повышение температуры вызовет понижение влажности почвы во многих регионах Земли. Засухи и тайфуны станут привычным явлением.

Наше поколение является свидетелем начинающегося глобального потепления климата. На чем основаны эти доводы? Самым теплым годом с тех пор, как люди стали регулярно измерять температуру на поверхности Земли, является 1990 г. За период с 1850 г. шесть из семи самых теплых лет приходится на период после 1990 г. Точные причины этого явления не установлены, однако его масштабы хорошо согласуются с компьютерными моделями последствий глобального потепления.

Озоновая проблема

Озоновая проблема уже давно беспокоит экологов. Озон - это форма молекулярного кислорода (O₃). Образует в верхних слоях атмосферы (стратосфере) тончайший слой - так называемый озоновый экран, молекулы озона защищают все живое на Земле от ультрафиолетового излучения. При свободном попадании на Землю такие лучи способны вызывать у человека рак кожи, а также наносить вред животным и растениям. Ирония состоит в том, что те же самые молекулы озона в тропосфере (нижний слой атмосферы) представляют собой опасные элементы, разрушающие живую ткань.

Большую тревогу со стороны экологов вызывает влияние оксидов азота, которые выбрасываются реактивными двигателями сверхзвуковых самолетов на высоте 20-25 км (именно на этой высоте находится защитный слой молекул озона, которые задержива-

р.Мухавец (г.п.Жабинка), р.Мухавец (г. Брест), р.Рыта (с.М. Радваницы), р.Лесная (г. Каменей), р.Лесная Правая (г.Каменюки), р.Ясельда (г.Береза), р.Уза (г.Гомель), р.Днепр (г.Могилев), р.Улла (г.п.Чашники), вдхр. Лошица (г.Минск).

Радиоактивное загрязнение поверхностных вод

Начиная с 1987г. систематический контроль за радиоактивным загрязнением поверхностных вод и донных отложений ведется на пяти основных реках Беларуси: Днепр (г.Речица), Сож (г.Гомель), Припять (г.Мозырь), Ипуть (г.Добруш) и (Беседь г.Светиловичи), протекающих по территории загрязненной радионуклидами. В створах наблюдений отбираются пробы воды с одновременным измерением расходов, проводится анализ проб поверхностных вод на содержание суммарной активности, ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Анализ данных показывает, что концентрация ¹³⁷Cs в воде створов значительно ниже ПДК по НРБ-76/87 и не превышает Республиканские допустимые уровни (РДУ-99), которые для цезия-137 в питьевой воде составляют 18,5 Бк/л. Данные о максимальных концентрациях в водах рек цезия-137 и стронция-90 в растворимой форме представлены в таблице 2. Максимальные концентрации ¹³⁷Cs в донных отложениях в 1998г. обнаружены по руслу р.Ипуть и составили: в районе д.Вылево - 9139 Бк/кг, перед водоподъемной плотиной в г.Добруше - 7400, ул. Революционная в г. Добруше - 3700, по руслу р.Беседь в районе д.Бартоломеевка -1500 Бк/кг.

В последние годы основной перенос ¹³⁷Cs происходит на взвесах (от 10 до 35-40% общей переносимой активности), вклад которого в общий сток со временем увеличивается.

Таблица 2 - Максимальные концентрации в поверхностных водах рек цезия-137 и стронция-90 в растворимой форме

Река, озеро	Цезий-137, Бк/л	Стронций-90, Бк/л
р.Ипуть - г.Добруш	0,12	0,07
р.Беседь- г.Светиловичи	0,04	0,06
р.Днепр - г.Речица	0,04	0,02
р.Сож- г.Гомель	0,05	0,04
р.Припять - г.Мозырь	0,02	0,04

(80 км²), Освейское (58 км²), Дрисвяты (45 км²), Червоное (40 км²), Дривяты (38 км²). Большинство озер расположено в северной части Беларуси - в Белорусском Поозерье. Озера здесь образовались в ледниковый период. Движущиеся огромные ледниковые глыбы выпахивали перед собой углубления, которые после таяния ледника заполнялись водой.

В Беларуси, на первый взгляд, с питьевой водой дело обстоит не так уж плохо. На каждого жителя республики (учитывая всю пресную воду) приходится 20 м³ пресной воды в сутки. Однако беда в том, что в большинстве своем эта вода загрязнена.

Давление антропогенного пресса сказалось и на состоянии водных ресурсов Беларуси. Белорусская вода содержит нефтепродукты, аммонийный и нитратный азот, фенолы, органические и биогенные вещества, соли тяжелых металлов. Минерализации воды крупных белорусских рек, таких как Неман, Днепр, Припять, возросла за последние 15 лет на 20 %. В каждом пятом колодце вода превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) по многим микробиологическим показателям и содержанию ядохимикатов. Повсеместно наблюдается значительное увеличение в воде концентрации минерального азота, фосфора, нитратов, меди, цинка, хрома, формальдегида, нефтепродуктов.

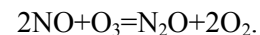
Серьезные экологические нарушения связаны с деятельностью животноводческих комплексов, где технологии основаны на бесподстилочном выхаживании животных и смыве нечистот водой. Многие комплексы размещены в близости от водотоков, что приводит к загрязнению водной системы.

Для определения класса загрязненности поверхностных вод применяются следующие градации: I - очень чистая вода, II -- чистая, III - умеренно загрязненная, IV - загрязненная, V - грязная, VI — очень грязная, VII - чрезвычайно грязная.

Многие крупные и средние реки по комплексной оценке отнесены к классу загрязненных. Наиболее загрязненной на территории республики является река Свислочь ниже г.Минска (ниже выпуска сточных вод Минской станции аэрации). По данным Госкомэкологии, в реку в 1992г. ежесуточно сбрасывалось 705 тыс. м³ сточных вод.

По состоянию на 1995г. к классу загрязненных отнесены следующие участки рек Беларуси («Состояние природной среды Беларуси», 1996): р.Свислочь (г.Минск), р.Мухавец (г.Кобрин),

ют жесткое ультрафиолетовое излучение космоса). Такие опасения основаны на свойстве оксида азота разрушать озон:



Когда на Ту-144 и англо-французские «Конкорды» возлагались большие надежды, было подсчитано, что предполагаемый авиапарк «убьет» за несколько лет до 15 % озона, который в высших слоях атмосферы защищает все живое от губительного жесткого излучения. Эта цифра заметно превышала ущерб, наносимый озоновому щиту основным его врагом - фреонами.

Как выяснилось, озон разлагают не только продукты сгорания топлива, но и сама ударная волна от сверхзвукового самолета. Подсчитано, что этой мощной волной самолет типа Ту-144, перелетая из Москвы в Алма-Ату, уничтожил несколько тонн озона.

В настоящее время отмечено образование так называемых «озоновых дыр» над Антарктикой, Европой, азиатским континентом. «Озоновая дыра» в верхних слоях атмосферы над Антарктикой, по данным метеорологического управления Японии, достигла рекордных размеров: слой озона на высоте 15-22 км уменьшился на 45-75 %.

На структуру и свойства озонового слоя влияют различные хлорфторорганические соединения, и в частности фреоны. Почти все количество производимого в мире фреона (или фторорганических соединений) в конечном счете поднимается в верхние слои атмосферы и разлагается там под влиянием ультрафиолетовых лучей. Осколки фреоновых молекул разрушительно действуют на слой атмосферного озона и уже разрушили от 3 до 5 % озонового слоя атмосферы. Одна молекула ХФУ в среднем разрушает 10 тыс. молекул озона.

Обеспокоенные прогнозами ученых представители 93 промышленных стран в 1987 г. в Монреале подписали первый глобальный договор по климату. В соответствии с ним предусматривается постепенное снижение выбросов ХФУ и других искусственных химических соединений, которые приводят к разрушению защитного озонового слоя нашей планеты.

Кислотные дожди

Развитие промышленности, транспорта, освоение новых источников энергии приводит к тому, что количество промышленных выбросов постоянно увеличивается.

В результате сжигания ископаемого топлива в атмосферу земли поступают соединения азота, серы, хлора и некоторые другие элементы. Среди них преобладают оксиды серы $-SO_2$ и азота $-NO_x$ (N_2O , NO_2). Соединяясь с частицами воды, оксиды серы и азота образуют серную (H_2SO_4) и азотную (HNO_3) кислоты разной концентрации.

До определенного времени проблема кислотных дождей считалась региональной, связанной главным образом с развитием промышленности северного полушария. Однако высокие выбросы серы и азота в местах, где используются техногенные ископаемые, сделали проблему кислотных дождей международной. Выбросы промышленных предприятий могут переноситься воздушными потоками на многие тысячи километров и вызывать потные дожди в странах, которые находятся на больших расстояниях от источников загрязнения.

Установлено, что на долю техногенных выбросов, связанных со сжиганием ископаемого угля, приходится около 60-70% от его количества, на долю нефтепродуктов - 20-30 % и на остальные производственные процессы - оставшиеся 10 %. Сорок процентов выбросов NO_x составляют выхлопные газы постоянно растущей армии автомобилей.

Атмосферные осадки, характеризующиеся сильнокислой реакцией (обычно $pH < 5,6$), получили название кислотных (кислых) дождей. Впервые этот термин был введен в употребление британским химиком Робертом Смитом более века назад (1872г.). Занимаясь вопросами загрязнения города Манчестера, он доказал, что дым и пары содержат вещества, вызывающие серьезные изменения в химическом составе дождя, и что эти изменения можно заметить не только вблизи источника их выделения, но и «в полях, на большом расстоянии от него».

Специалисты отмечают, что термин «кислотные дожди» не-

щиеся в промышленности и в быту моющие средства).

Следующая группа загрязнителей - это органические вещества, способные к ферментации. Этот тип загрязнения относится к биологическому. Оно может возникнуть как следствие канализационного стока в реки либо без очистки, либо при недостаточной очистке, а также сброса промышленных предприятий - целлюлозно-бумажных, пищевых и текстильных.

Нельзя не упомянуть и *радиоактивное загрязнение*. До 1986 г. (авария на Чернобыльской АЭС) оно рассматривалось как загрязнение косвенное, затрагивающее в основном биологию человека. Феномен Чернобыльской аварии заставил пересмотреть эту точку зрения и признать огромную опасность, исходящую от радиоактивных загрязнителей не только для человека непосредственно, но и для всей биоты в целом.

Следующую группу составляют *механические загрязнители*, опасность которых также до недавнего времени преуменьшали. Это твердые инертные вещества: глина, шлам, песок, шлак, отходы слесобывающей и угольной промышленности.

И последнее в перечне - *тепловое загрязнение*, в основном сбросов тепловых и атомных электростанций. Это загрязнение особенно в сочетании с другими типами загрязнителей, составляет собой серьезную проблему для будущего.

Водные ресурсы Беларуси и их использование

Речная сеть Беларуси хорошо развита. Средняя густота ее составляет 25 км на 100 км². На территории Беларуси 20,8 тыс. рек и речушек. Их общая длина - 90,6 тыс. км. Однако свыше 90% их количества - это водотоки, длина которых не превышает 10 км (так называемые малые реки). К числу крупных относят такие речные артерии, как Западная Двина, Неман, Западный Буг, Виляя, Днепр, Сож, Припять. Максимальная густота речной сет отмечается на севере Беларуси - в бассейне Западной Двины, условиях пересеченного рельефа (более 45 км на 100 км²), минимальная - на юге республики в бассейнах Буга и Припяти.

В Беларуси насчитывается свыше десяти тысяч озер (10 800). Среди них выделяются жемчужина Беларуси - озеро Нарочь

производства сахара из 1 т сахарной свеклы требуется 0,5-6 м³ воды, 1 т бумаги - 1,5-60 м³, 100 л пива - 5-21 м³, для дубления 1 т сырой кожи - 20-50 м³; для выработки 1 т пряжи - до 200 м³, 1 т капронового волокна - 5600 м³, 1 т стали - 25 тыс. л., для выпуска одного автомобиля - 300 тыс. л., для орошения 1 га хлопка - 5-6 тыс. м³, 1 га риса - 15-20 тыс. м³.

Растущие города требуют свою долю живительной влаги. Для обеспечения потребности в воде современного города с миллионным населением требуется по крайней мере 0,5 млн м³ воды в сутки из расчета 0,5 м³ на человека.

Проблема усугубляется тем, что качество ресурсов пресных вод постоянно ухудшается. Водные объекты все в большей мере загрязняются сточными водами и разного рода отходами. В отдельных же странах, регионах и речных бассейнах источники воды могут быть исчерпаны значительно раньше. Поэтому решение водной проблемы должно вестись по трем главным направлениям: ограничение эксплуатации подземных запасов вод, экономия воды путем более эффективной ее доставки и регламентирования потребления, а также возрождение некогда чистых, а теперь загрязненных естественных водоемов.

Основные виды загрязнения воды

Все виды загрязнения подземных и поверхностных вод можно свести к нескольким типам.

Прежде всего, это *химическое загрязнение* сбросами вредных веществ: тяжелых металлов, фенолов, кислот, щелочей, цианидов и других минеральных и органических токсических веществ. Сюда же можно отнести и загрязнение окружающей среды выхлопными газами автомобилей. Загрязнители этого типа действуют на окружающую среду непосредственно, реагируя с теми или иными компонентами живой природы.

Второй тип загрязнителей - вещества, действующие медленно и относительно скрыто, хотя нередко довольно трудно различить скрытое или явное действие токсикантов. Это нефтяные углеводороды, продукты производства фенолов, галогенпроизводные инсектициды, гербициды, синтетические детергенты (применяю-

достаточно точен. Для такого типа загрязнителей лучше подходит выражение «кислотные осадки». Действительно, загрязняющие вещества могут выпадать не только в виде дождя, но и в виде снега, облаков, тумана («влажные осадки»), либо в виде газа и пыли («сухие осадки») в засушливый период.

Хотя почвы и менее восприимчивы к подкислению, нежели водоемы, произрастающая на них растительность крайне негативно реагирует на увеличение кислотности. Кислые осадки в виде аэрозолей обволакивают хвою и листву деревьев, проникают в крону, стекают по стволу, накапливаются в почве. Прямой ущерб выражается в химическом ожоге растений, снижении прироста, изменении состава подпологовой растительности.

Главными виновниками загрязнения воздуха и выпадения кислотных дождей являются США, страны СНГ, Польша, Германия, Великобритания, Канада и Китай.

Основные источники загрязнения Беларуси

На территории Республики Беларусь основными источниками загрязнения воздушного бассейна являются автотранспорт, предприятия теплоэнергетики, химической и нефтехимической отраслей промышленности. В 2000 г. ими было выброшено в атмосферу 2200,6 тыс. т токсических веществ. В составе выбросов преобладали оксид углерода (56,9%), диоксид серы (14,3%), углеводород (13,8%), оксиды азота (8,9%), твердые частицы, (4,2%). Среди крупных центров республики наибольший объем выбросов в 1995 г. приходился на Минск - 295 тыс.т. Наибольший объем загрязняющих веществ приходился на Витебскую обл. (432,7 тыс. т), наименьший - на Гродненскую (258 тыс. т). Следует отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция к снижению объемов выбросов от стационарных источников и небольшому увеличению их от передвижных источников (главным образом за счет бензина и дизтоплива).

Выбросы загрязняющих веществ атмосферу в Беларуси

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на территории Беларуси являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия. Перечисленными источниками в 1998 г. выброшено в атмосферу 1788,2 тыс.т загрязняющих веществ. Большая часть из них произведена автотранспортом - 1373,8 тыс.т (76,8%). На долю стационарных источников пришлось около 23,2% суммарных выбросов - 414,4 тыс.т.

В структуре выбросов преобладали оксид углерода - 57,8%, диоксид серы - 10,6; углеводороды - 17,1 и оксид азота - 9,1%. Большая часть выброшенных в атмосферу оксидов углерода, углеводородов и оксидов азота обусловлена работой автотранспорта. Наоборот, вклад стационарных источников в суммарные выбросы диоксида серы и твердых частиц был значительно выше, чем передвижных.

Распределение выбросов по территории Беларуси неравномерно. Наибольшее количество загрязняющих веществ выброшено в атмосферу на территории Минской области (включая г. Минск) 465,2 тыс.т и Витебской - 323,7; наименьшее - Гродненской - 215, и Могилевской областей - 233,4 тыс.т.

Около 81% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу пришлось на долю 6 министерств (ведомств): концерна «Белнефтехим» (95,3 тыс.т), концерна «Белэнерго» (93,6), Министерства архитектуры и строительства (45,2), Министерства жилищно-коммунального хозяйства (43,0), Министерства промышленности (30,6) и Министерства сельского хозяйства и продовольствия (29,2 тыс.т).

Среди предприятий в 1998 г. наибольший объем выброс загрязняющих веществ в атмосферу имел место на Новополоцком ПО «Нафтан», Лукомльской ГРЭС и Мозырьском НПЗ - более 15 тыс.т, еще на 15 предприятиях объемы выбросов превысили 5 тыс. т/год, а на 9 - составили от 3 до 5 тыс.т/год.

Госкомгидромет Республики Беларусь проводит мониторинг состояния атмосферного воздуха в 16 промышленных городах республики, включая областные центры, а также гг. Полоцк, Новополоцк, Бобруйск, Орша, Речица, Пинск, Светлогорск, Мозырь, Новогрудок и Солигорск. В них действовали 50 стационарных

зая, окисление, сорбция, адсорбция и другие явления, улучшающие качество воды.

Проблема дефицита пресной воды

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

Человечеству для жизни нужна не просто вода, не любая вода, а вода пресная и определенного качества. А ее очень и очень мало. Не следует забывать, что из каждых 100 л воды на Земле 97 л имеют соленый вкус. Современные исследования показали, что суммарные запасы всех видов пресных вод суши - рек, озер, подземных и снежно-ледниковых ресурсов не превышают 2,5% от общего количества воды на Земле. Запас воды в реках и озерах оценивается цифрой в 95 000 км³, т. е. всего 0,26% от суммарных ресурсов пресных вод, или 0,007% от общих запасов воды на Земле.

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

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

Насколько велики потребности в воде в промышленности и сельском хозяйстве, можно судить по следующим цифрам. Для

суше большой круговорот воды соответствует внешнему влагообороту, т. е. обмену влагой между сушей и Мировым океаном. Суша имеет и свой внутренний влагооборот, создающийся вследствие испарения части воды, выпавшей в виде осадков за счет влаги, принесенной с океана, и повторного образования из нее осадков вал сушей, а также вследствие выпадения осадков из вод местного испарения (с рек, озер, болот, влажных почв, растительного покрова и др.).

Некоторые элементы круговорота воды поддаются управлению человеком. Например, довольно широко применяется искусственное воздействие на процессы влагообмена в приземном слое воздуха: накопление воды в водохранилищах; уменьшение (увеличение) испарения; искусственное вызывание дождя; меры, способствующие задержанию вод (создание лесонасаждений, воздействие на почву и т. д.) Цель таких преобразований — сделать водные ресурсы доступными для хозяйственного использования, направить воду туда, где она более необходима, ослабить или устранить неблагоприятные факторы гидрологического режима (заболачивание, высокие паводки, маловодье на реках, эрозию и др.).

Загрязнение поверхностных вод — изменение состава или свойств вод, вызванное прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и бытовыми условиями, в результате чего они становятся непригодными для одного или нескольких видов водопользования.

Загрязняющие вещества поступают в водоемы в жидком, твердом, коллоидном, эмульгированном и газообразном видах. Все эти вещества можно разделить на следующие основные группы; бытовые, промышленные, от водного транспорта и лесосплава, ядохимикаты, удобрения, поверхностно-активные и радиоактивные.

Самоочищение природных вод — совокупность идущих в загрязненных водах природных процессов, направленных на восстановление первоначальных свойств и состава воды. Процессы самоочищения обусловлены многими факторами, к числу которых относятся солнечная радиация, деятельность микроорганизмов и водной растительности. Наблюдениями установлено, что летом эти процессы интенсифицируются, а зимой замедляются. Загрязненные воды самоочищаются быстрее при многократном разбавлении их чистой водой; При смешении происходят диффу-

станций, на которых 3-4 раза в сутки проводились наблюдения вредными веществами. Основной объем наблюдений относился к веществам, имеющим повсеместное распространение (пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксид и диоксид азота).

Для оценки качества воздуха использовались установленные Минздравом предельно допустимые концентрации (*ПДК*) загрязняющих веществ и международные стандарты, рекомендованные Всемирной организацией здравоохранения (*ВОЗ*). По данным наблюдений для каждого города рассчитан комплексный *индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)*, учитывающий классы опасности, стандарты качества и средние уровни загрязнения воздуха. В таблице приведены величины *ИЗА* для городов Республики Беларусь.

Уровень загрязнения воздуха считался высоким, если средние значения концентрации примесей были выше среднего по РБ или *ИЗА* превышал 7; повышенным, если концентрации примесей в отдельных случаях превышали *ПДК*; низким, если среднегодовое содержание примесей было в пределах или ниже принятых стандартов качества воздуха. Сведения по *ИЗА* для городов Беларуси показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения по *ИЗА* для городов Беларуси

Город	<i>ИЗА</i>	Вещества, определяющие приоритет города	Отрасли промышленности и предприятия
Могилев	8,8	Формальдегид, фенол, сероуглерод, диоксид азота, оксид углерода	Автотранспорт, черная металлургия, химическая, теплоэнергетика
Мозырь	8,6	"	"
Витебск	8,3	"	"
Бобруйск	6,3	"	"
Новополоцк	5,1	"	"
Брест	4,5	"	"
Гомель	4,5	"	"
Гродно	4,1	"	"
Минск	3,0	"	"
Орша	3,1	"	"
Пинск	2,3	"	"

В целом по республике, в ряде городов сохраняется неблагоприятная ситуация. По сравнению с предыдущим периодом проблема загрязнения обострилась в Мозыре, Витебске, Могилеве и Светлогорске произошло увеличение *ИЗА*. Причем для Могилева повышенное сравнению со средними для страны значениями загрязнение атмосферного воздуха наблюдается на протяжении многолетнего периода. В то же время в Бобруйске, Полоцке и Новополоцке *ИЗА* был выше среднего по республике.

ЛЕКЦИЯ 5 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

1. Круговорот воды в природе
2. Проблема дефицита пресной воды
3. Основные виды загрязнения воды
4. Водные ресурсы Беларуси и их использование
5. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод

Круговорот воды в природе

Водные ресурсы—запасы поверхностных и подземных вод какой-либо территории. Имея в виду относительно небольшой объем используемой подземной и озерной воды, под водными ресурсами крупных территорий и государств обычно понимают лишь величину годового стока рек. Водные ресурсы отдельных регионов и экономических районов оценивают с учетом запасов вод, подземных и аккумулированных в озерах.

Гидросфера — прерывистая водная оболочка земного шара, расположенная на поверхности и в толще земной коры и представляющая собой совокупность океанов, морей и водных объектов суши (рек, озер, болот, подземных вод), включая скопления воды в твердой фазе (ледника).

В гидрологии различают понятия запасы и ресурсы; ресурсы применяют для характеристики количества подземных вод и подземного стока, которые обеспечиваются питанием в процессе круговорота воды на земном шаре (естественных ресурсов подзем-

ных вод), а запасы — для характеристики общего объема подземных вод в земной коре в пределах рассматриваемого района.

Запасы воды в различных частях гидросферы, тыс. км ³	
Мировой океан	1370323
Все подземные воды	60000
Ледники	24000
Озера	280
Почвенная влага	85
Пари атмосферы	14
Реки	1,2
Итого	1454703

На территории бывшего СССР ежегодно выпадает около 11 тыс. км³-осадков (в виде пара в атмосфере — всего 220 км³ влаги), из них 40% формируют речной сток, основная часть которого стекает в океан и примерно 4%—в крупные замкнутые водоемы.

Возобновляемый речной сток составляет около 4700 км³ в год, около 330 км³ (6,7%) притекает из зарубежных стран, а за пределы страны уходит около 30 км³. Наиболее устойчивая величина стока, которая может быть использована для практических целей без регулирования рек водохранилищами, составляет около 1,6 тыс. км³ в год, или 34% суммарных веяных ресурсов.

Круговорот воды в природе — взаимосвязанные, не прерывающиеся в природе процессы испарения, конденсации, образования облаков, выпадения из них осадков и стока (поверхностного и подземного). Происходят эти процессы под влиянием солнечной радиации и силы тяжести. За счет притока солнечной энергии с поверхности Мирового океана за год испаряется примерно 448 тыс., а с суши 71 тыс. км³ воды.

Круговорот воды иначе называют влагооборотом в природе. В современную эпоху режим круговорота воды стабильный: общая сумма осадков, выпадающих на поверхность земного шара, равна испарению. Различают большой и малый круговороты воды. При большом круговороте вода, испарившись с поверхности океана, частично возвращается в него в виде осадков, а частично переносится на сушу, где выпадает также в виде осадков и распределяется по трем основным направлениям: часть идет на поверхностный сток, часть—на просачивание в грунт (подземный сток) и часть — на испарение в атмосферу. При малом круговороте испарившаяся с поверхности океана вода возвращается в него в виде осадков. На