Министерство образования и науки республики Казахстан

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

А.Б.Бигалиев

**БИОЭКОЛОГИЯ**

*Учебник*

*для студентов университетов*

*специальности “Экология”*

Алматы

2016

УДК 574 (075.8)

ББК 28.080 я 73

Б 59

**Рецензенты:**

доктор биологических наук, академик НАН РК, профессор  **Т.Н. Досжанов**

доктор географических наук, профессор **В.С.Чередниченко**

**А.Б.Бигалиев**

Биоэкология. Учебник – Алматы: Издательство «Эверо», 2016.- 275 стр

*Рекомендовано к изданию Советом УМО при КазНУим.аль-Фараби РИСО КазНУ им. аль-Фараби*

В учебнике даны основы общей экологии как фундаментальной биологической науки. Рассмотрены как общие вопросы экологии, так и основные механизмы и закономерности устойчивого существования биологических систем разного уровня в условиях изменяющейся природной среды. Все экологические понятия и наиболее общие закономерности увязаны с проблемами современного антропогенного влияния как на биосферу в целом, так и на её компоненты. Многолетний опыт преподавания этой дисциплины позволяет автору в доступной форме изложить научные основы рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Учебник предназначен для студентов университетов специальности «экология», аспирантов, преподавателей, а также для широкого круга читателей.

**ISBN 978-601-240-351-0**

© А.Б.Бигалиев

© ТОО «Эверо»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

РАЗДЕЛ I ЭКОЛОГИЯ – НАУЧНАЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БАЗА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

* 1. Предмет, объекты и задачи экологии
  2. Краткая история экологии

РАЗДЕЛ II ЭКОЛОГИЯ ОСОБИ (АУТЭКОЛОГИЯ)

2.1 Аутэкология – экология организма. Организм и факторы среды. Приспособленность организма к среде обитания

2.2 Лимитирующие факторы, «закон минимума» Либиха, «закон толерантности» Шелфорда

2.3 Температура. Влияние температуры на жизненные процессы

2.4 Температура, свет, вода, как экологический фактор в жизни растений и животных

2.5 Свет. Биологическое действие различных участков спектра солнечного излучения.

2.6 Биологические ритмы

2.7 Общие принципы адаптации на уровне организма

РАЗДЕЛ Ш. ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ – СИНЭКОЛОГИЯ

3.1 Межвидовые взаимоотношения:нейтральные, отрицательные и положительные.

3.2 Отрицательные взаимоотношения:конкуренция, хищничество и паразитизм, антибиоз и аллелопатия.

3.3 Положительные взаимодействия: комменсализм, протокооперация и мутуализм.

3.4 Экологические ниши:фундаментальная, реализованная

РАЗДЕЛ IV. УЧЕНИЕ О БИОЦЕНОЗАХ И ЭКОСИСТЕМАХ (БИОЦЕНОЛОГИЯ)

4.1 Понятие о биоценозах. Экологические сукцессии: первичные, вторичные. Климакс.

4.2 Экосистемы. Их структурная, функциональная организация и классификация

4.3 Энергия в экологических системах и биологическая продуктивность экосистем. Пищевые цепи, пищевые сети и трофические уровни. Экологические пирамиды.

4.3 Биогеохимические циклы.

РАЗДЕЛ V ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ (ДЕМЭКОЛОГИЯ)

5.1 Статические и динамические характеристики популяции. Структура популяции: агрегация, изоляция.

5.2 Пространственная структура популяций.

5.3 Гомеостаз популяции

5.4 Общие принципы популяционного гомеостаза

5.5 Динамика популяций. Демографическая структура популяций и её динамика.

5.6 Динамика численности и популяционные циклы

РАЗДЕЛ VI БИОСФЕРА И ОХРАНА ПРИРОДЫ

6.1 Биосфера как специфическая оболочка Земли.Структура, состав и функции современной биосферы

6.2 Общие закономерности организации экосферы и биосферы.

Системность жизни. Биосфера как целостная система.

6.3 Биогеохимические циклы.

6.4 Биоценология. Биоценоз как биологическая система.

6.5 Структура биоценозов: трофическая, пространственная.

6.6 Основные формы межвидовых связей в экосистемах.

6.7 Динамика экосистем. Суточные и сезонные аспекты экосистем.

6.8 Человек и биосфера. Технологические формы воздействия человека на биосферу.

6.9 Воздушная среда: атмосфера, парниковый эффект, озоновый экран, кислотные дожди.

РАЗДЕЛ VII. ГИДРОСФЕРА

7.1 Охрана гидросферы: загрязнение озер и морей Казахстана,загрязнение мирового

океана,самоочищение морей и океанов.

РАЗЛЕЛ VIII. ЛИТОСФЕРА И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

8.1 Структура литосферы и факторы почвообразования.

8.2 Антропогенное воздействие на почву и опустынивание.

8.3 Загрязнение литосферы: поверхностные и подземные воды.

РАЗДЕЛ IX. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

9.1 Особенности географического положения и природной специфики Республики Казахстан: рельеф, гидрография и водные ресурсы, климат, почвы, ландшафты.

## 9.2 Разнообразие ландшафтов и биологическое разнообразие экосистем Казахстана.

9.3 Современное состояние видового разнообразия Казахстана: флора, фауна.

Разнообразие ископаемой флоры и фауны.

9.4 Экологическая оценка состояния биоразнообразия РК: лесостепь и степь, пустыня, горы, поймы и долины рек.

9.5 Экологическая оценка современного состояния и использования биоразнообразия.

9.6 Национальная стратегия и система сохранения биологического разнообразия.

9.7 Особо охраняемые природные территории.

РАЗДЕЛ X. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ. МОНИТОРИНГ. ПРИНЦИПЫ И ТИПЫ МОНИТОРИНГА

10.1 Мониторинг загрязнения природной среды (МЗПС): атмосферного воздуха сельских и промышленных регионов, нефтегазовой и энергетической отрасли.

10.2 Радиационная экология: влияние ракетных и испытательных полигонов на

окружающую среду и биоту (Семипалатинский ядерный полигон, Капустин Яр, Азгир и др).

**Литература**

ВВЕДЕНИЕ

Современная экология имеет биологические корни, поэтому её изу­чение целесообразно начинать с классической экологии - биоэкологии. Специалистам не биологического профиля знание биологических основ экологии необходимо, прежде всего, для постижения предмета своей деятельности - объекта, подлежащего сохранению либо восстановлению с помощью новейших технологий.

Биоэкология - это экология в первоначальном понимании термина, то есть часть биологии, изучающая отношения организмов (особей, популяций, биоценозов и т.п.) между собой и окружающей средой. Вместес тем - это биологическая основа (базис) современной экологии.

В структуре современной экологии, предложенной Н.Ф.Реймерсом(1994)[5], биоэкология выглядит следующм образом:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1  СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОЙ БИОЭКОЛОГИИ | | | |  |
| СИСТЕМНАЯ ЭКОЛОГИЯ | | ЭКОЛОГИЯ  СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП | ЭВОЛЮЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ | ПАЛЕО­ЭКОЛОГИЯ | |

Биоэкология включает в себя системную экологию, экологию систематических групп, эволюционную экологию и палеоэкологию. Системная экология - это совокупность научных дисциплин, исследующих взаимоотношения системных биологических структур (биотических систем) между собой и с окружающей их средой. В зависимости от иерархического уровня организации биологических структур (биотических систем) биоэкологию подразделяют на эндоэкологию и экзоэкологию.

Эндоэкология: молекулярная экология (в т.ч. экологическая генетика);физиологическая экология (экология индивида).

Экзоэкология: аутэкология (особей и организмов как представителей вида); демэкология (экология малых групп); популяционная-экология; специоэкология-экология вида);синэкология (экология сообществ);биоценология (экология биоценозов);биогеоценология (учение об экосистемах различного иерархического уровня организации);учение о биосфере (биос-ферология);экосферология (глобальная экология /выходит за рамки биосферы, изучая всю экосферу планеты как космического тела.

**РАЗДЕЛ I. ЭКОЛОГИЯ – НАУЧНАЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БАЗА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Предмет, объекты и задачи экологии.** Слово «экология»образовано от греческих слов «ОИКОС» - дом и «логос» - учение, наука. Этот термин был предложен немецким биологом Эрнстом Геккелем (Ernst Haeckel) в 1866 году. «Под экологией, - писал Геккель, - мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружаю­щей его средой, как органической, так и неорганической, и, прежде всего - его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология - это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование» (1870).

Все биологические системы – отдельные организмы, популяции, биоценозы и сообщества в процессе длительной эволюции приспособились к комплексу факторов среды обитания. Занимая внутри биосферы определенную область, экологическую нишу, в которой имеются необходимые условия для их существования, они могут нормально жить и размножаться. Но, ни один организм на земле не может существовать изолированно, он взаимодействует с другими организмами той трофической цепи, в состав которой он входит. Познание основных механизмов и закономерностей, лежащих в основе этих взаимодействий на молекулярно-генетическом, организменном, популяционном, экосистемном уровнях и биосферы в целом, определяют предмет и задачи экологии, как науки.

Экология – это наука, изучающая отношения организмов между собой и с окружающей средой. Объектом исследования экологии являются организмы, как системные совокупности (популяция, вид), а предметом – структуры связей между организмами и средой обитания. Исходя из принципов, относящихся к различным уровням организации биологических систем, в экологии рассматриваются последовательно уровни отдельного вида - **аутэкология,** популяции-**демэкология**, сообщества **– синэкология**. При этом понимание закономерностей существования каждого уровня основывается на познании молекулярно-генетических основ функционирования живого. Общая экология делится: по отношению к объектам изучения - экология микроорганизмов, растений, животных, человека; по типам среды обитания- экология пресных вод, моря, суши, океана и пр.

Охрана природы– общее обозначение мероприятий (технологических, экономических, административно-правовых, международных, биотехнических, просветительских и т.д.), обеспечивающих возможность сохранения природных ресурсо-и- средовоспроизводящих функций, генофонда, а также рационального использования с возможностью длительного сохранения невозоб-новляемых природных ресурсов. Эта система также направлена на предупреждение прямого и косвенного влияния результатов деятельности общества на природу и здоровье человека. Охрана природы тесно связана с природопользованием. Природопользование – теория и практика рационального использования человеком природных ресурсов земли.

Наиболее важными аспектами проблемы охраны природы являются: охрана атмосферы, литосферы и гидросферы от загрязнения вредными, т.е. веществами несвойственными природной среде; рациональное использование естественных ресурсов, обеспе-чение радиационной безопасности, сохранение генофонда растений и животных, глобальный мониторинг состояния биосферы. Совре-менный подход к проблеме охраны природы предусматривает помимо чисто охранных мероприятий, проведение экологических исследований разного масштаба и использование их результатов для активного вмешательства в нарушенные экосистемы с целью придания им адаптивных свойств в новых условиях, повышения их устойчивости и продуктивности. В решении этих задач помимо биологов принимают участие специалисты других областей естествознания (географы, математики, физики, химики), а также экономисты, социологи, технологи, юристы, дипломаты, бизнесмены, политики и другие представители гуманитарных и технических наук. Конечным этапом такого подхода является научное регулирование различных сторон деятельности человека для поддержания устойчивого функционирования природных экосистем, как источ-ников его благосостояния. Подобный широкий круг вопросов обусловил формирование и развитие прикладной экологии. Решение этих проблем и являются задачами специалистов различных направлений экологии - промышленной, сельскохозяйственной, радиационной, космической, градостроительной, социальной, технологической, геохимической, рекреационной, химической и других.

Развитие и структура биоэкологии показаны на схеме.

**Краткая история экологии.** Элементарные сведения по биоэкологии, дошедшие до нашего вре­мени, относятся к VI-II вв. до н. э.. Индийская поэма «Рамаяна» и сказания «Махабхарата» содержат данные об образе жизни примерно 50 видов животных (кабана, оленя, лани, антилоп, буйвола, льва, тигра, медведя, кита и других). При этом можно найти интересную информацию об их местообитаниях, питании, размножении, суточной жизни и поведении в связи с изменениями природной обстановки - выпадением дождей, пересыханием водоёмов, сменой раститель-ности и т.д.

Среди римских учёных периода первичного накопления экологиче­ских данных следует упомянуть Плиния Старшего (23-79 гг. до н.э.) с его знаменитой «Естественной историей».

В эпоху Возрождения был проведён первый экологический экспери­мент. Р.Бойль (1627-1691) опубликовал результаты сравнительного изучения влияния низкого атмосферного давления на различных живот­ных. Знаменитый голландский микроскопист Антони ван Левенгук (1632) первым приступил к исследованию пищевых цепей и регулирования численности популяций двух разделов современной экологии животных.

Свой вклад в формирование экологического мышления внесли фран­цузские исследователи Рене Реомюр (1683-1757) Жорж Бюффон (1707­1788) и др. В течение XVIII века ещё присутствовали теологические представления об экологических закономерностях. Карл Линней (1707 - 1778)- систематизировал сведения об условиях жизни биологических видов.

Жан Батист Ламарк **(**1744-1829) /Франция/ - первым высказал мысль о единстве живого и неживого на нашей планете, о целостности биосферы. Кроме того, ему принадлежит пророческое высказывание: «Можно, пожалуй, предполагать, что назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар не пригодным для обитания».Томас Мальтус(1766-1834,Англия) математически описал зако­номерности демографического взрыва. Чарльз Дарвин (1809**-**1882, Англия) создал эволюционное учение (вт.ч. понятия естественного и искусственного отбора).

Следует также отметить выдающуюся роль русских учёных: А.Т. Болотов (1738-1833) и Н.И. Вавилов(1887-1943)–заложили основы сельскохозяйственной экологии.

В.И. Вернадский (1864 - 1945) - создал целостное учение о биосфере, показав геологическую роль живых организмов в преобразовании планеты. В.Н. Сукачёв (1908 - 1967) - создал учение об однородных наземных экосистемах - биогеоценозах.

Как признанная самостоятельная научная дисциплина, экология складывается только в начале ХХ века. В это время оформились экологические школы гидробиологов, ботаников, зоологов. На ІІІБотаническом конгрессе в Брюсселе в 1910 г. экология растений официально разделилась на экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Это деление распространилось и на экологию животных. С 1913 по 1920 гг. были организованы экологические научные общества, основаны журналы, экологию, как предмет, стали преподавать в университетах.

В 30-х годах сформировались основные теоретические представления в области биоценологии: о границах и структуре биоценоза, степени устойчивости, возможности саморегуляции этих систем. В это же время из общей экологии выделилась новая область – популяционная экология. Основоположником ее следует считать английского ученого Ч. Элтона. В своей книге «Экология животных» (1927) Ч. Элтон переключает внимание с отдельного организма на популяцию, как единицу, которую следует изучать самостоятельно, т.к. на этом уровне выявляются свои особенности экологических адаптаций и регуляций. Центральными проблемами популяционной экологии стали проблемы внутривидовой организации и динамики численности. В развитие популяционной экологии внесли большой вклад С.А. Северцев, С.С.Шварц, П.М.Наумов, Г.А. Викторов.

Развитие экологии в 30-40-х г. в СССР идет бурными темпами. Она быстро продвигалась вперед усилиями большой плеяды советских ученых. Например, монография Гаузе «Борьба за существование» была издана в 1934 г. в США, а так называемый **«**Закон Гаузе**»** приводится во всех современных курсах экологии. В 1942 г. В.Н Сукачев обосновал представление о биоценозе. Работы этого времени имели большую ценность и являлись неизбежным этапом в развитии экологии.

В тот же период за рубежом "экосистема" была признана основным объектом экологии. А.Тенсли в 1935 г. вводит понятие об экосистеме, Г.Винберг (1936г.) проводит работы по точному учету продуктивности водных сообществ, в 1942 г. Р.Линдеман – основные методы расчета энергетического баланса экосистем. Начал развиваться системный подход к изучению экосистем, матема-тическое моделирование экологических процессов. Математики американец А.Д.Лотка и итальянец В. Вольтерра разработали первые приложения математики к экологии популяций и других сообществ.

Развитие экосистемного анализа привело к возрождению на новой экологической основе учения о биосфере, принадлежащего величайшему русскому ученому XX века В.И. Вернадскому (1864-1945), который в своих идеях намного опередил свою эпоху. Биосфера предстала как глобальная, живая система, стабильность и функционирование которой основана на законах обеспечения баланса веществ и энергии.

Таким образом, концепция биологического сообщества Ф.Клементса, экология животных Ч.Элтона, классические эксперименты с простейшими Г.Гаузе, вскрывшие сущность и механизмы межвидовой конкуренции, исследования основателя почвоведения В.В.Докучаева, учение о биосфере В.И.Вернадского, разработка понятий об экосистеме А.Тенсли, о биогеоценозе – В.Сукачева, экологической нише – Дж. Гринелла, Ч.Элтона, Дж. Хатчинсона, концепция пищевых цепей и круговорот веществ Р.Линдемана, труды Э.Пианки, Ю.Одума, Р.Риклефса, Н.П.Наумова, С.Шварца, И.А.Шилова, А.В.Яблокова и других ученых помогли создать теоретическую основу общей экологии, той экологии, которая стала целостной наукой, имеющей собственные объекты и методы исследования, а также собственный концептуальный аппарат.

Современный период становления экологии связан с именами таких учё­ных, как Ю. Одум, Р. Риклефс, О.В.Будыко, Н.Ф. Реймерс, А.В. Яблоков, В.Г. Горшков и другие.

**Контрольные вопросы:**

1. Что изучает экология? Каковы её цели, задачи и объекты

исследования?

1. Что объединяет различные направления экологии?
2. Чем объясняется повышенный интерес к экологии в последние десятилетия?
3. Почему экология является теоретической базой охраны природы и рационального природопользования?
4. Чем обусловлено формирование и развитие прикладной экологии?

6. Каковы различия между современным и исходным (по Э.Геккелю) определениями экологии?

7. Как соотносятся понятия «экология» и «биоэкология»?

8.Какова структура современной биоэкологии?

9.Опишите развитие биоэкологии из биологии («древо» биоэкологии):

а) предыстория экологии (накопление первичных данных)

б).Биоэкология во второй половине XIX - начале XXвв.

в) Современные биоэкологи и их вклад в развитие науки

10.Как развивались экологические идеи в до дарвиновский период?

11. Какова роль Ч.Дарвина в формировании экологии, как науки?

12. Кто впервые предложил использовать термин «экология» и дал определение этой науки?

13. Каковы особенности развития экологии на рубеже ХIХ-ХХ столетий?

14. Охарактеризуйте направления развития экологии на современном этапе.

**РАЗДЕЛ II. ЭКОЛОГИЯ ОСОБИ (АУТЭКОЛОГИЯ)**

**Аутэкология – экология организма. Организм и факторы среды. Приспособленность организма к среде обитания**

Аутэкология – или экология особи концентрирует внимание на взаимоотношении особей или групп особей с условиями окружающей среды. Необходимо отметить, что в процессе длительной эволюции живые организмы приспособились к конкретным свойствам среды обитания. Среда обитания – это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он постоянно взаимодействует. Составные части и свойства среды многообразны и изменчивы. Любое живое существо живет в сложном, постоянно изменяющемся, мире, приспосабливаясь к нему и регулируя свою жизнедеятель-ность. Приспособление организмов к среде обитания носит название адаптации. Способность к адаптации обеспечивает само сущест-вование организмов, возможность выживать и размножаться. У живых существ выработались специальные приспособления, позволяющие избежать или преодолеть действие неблагоприятного фактора. Например, растения пустыни могут переносить длительную засуху. Листья некоторых из них имеют мелкие размеры, толстую оболочку, либо мощный восковой налет, густое опушение или видоизменены в колючки, у них также имеется глубокая и разветвленная корневая система и таким образом они более эффективно поглощают воду или запасают её в стеблях (например, кактусы)

Среда обитания состоит из самых разнообразных отдельных условий или элементов среды – климатических, почвенных, биотических, каждый из которых в той или иной степени способен оказывать прямое или косвенное воздействие на живой организм.

При этом одни из них могут быть необходимы для организмов, другие, наоборот, вредны; есть и такие, которые могут быть вообще безразличны для них.

Любое условие или элемент среды, оказывающий влияние на живые организмы, называется экологическим фактором.

Всё многообразие воздействующих на организм факторов принято делить на три большие группы: абиотические, биотические и антропоген­ные. Их простейшая классификация приводится Г.А. Но-виковым [3] в следующем виде:

I. Физико-химические (абиотические) факторы:

Климатические, или атмосферные:

а) свет и лучистая энергия;

б) температура;

в) влажность воздуха, осадки;

г) снежный покров;

д) атмосферное давление, газовый состав и движение воздуха;

е) атмосферное электричество.

2.(эдафические).

1. Орографические (геоморфологические).
2. Гидрологические.

II. Биотические факторы:

1. Микроорганизмы.
2. Растения и растительные группировки.
3. Животные.

III. Антропогенные факторы:

Прямое влияние на организмы и их группировки. 2. Косвенное влияние посредством изменения среды обитания.

**Абиотическими факторами** называют все физико-химические факторы среды**.** К ним относятся: свет, температура, вода (осадки), соленость, скорость ветра, содержание химических элементов, электромагнитные волны, токи высокой частоты, лазерное излучение, ультрафиолет и др.

**Биотические факторы –** это все формы воздействия живых организмов друг на друга.

Биотическими факторами являются:

а) фитогенные – влияние растений со-обитателей, как прямое – (механические контакты, симбиоз, паразитизм, поселение эпифитов), так и косвенное (фитогенные изменения среды обитания организмов);

б) зоогенные – влияние животных (поедание, вытаптывание и прочие механические воздействия, опыление, распространение семян и влияние на среду;

в) микробогенные, микогенные и вирусогенные – влияние микроорганизмов, грибов и вирусов (паразитизм, изменение среды).

**Антропогенные факторы** – это факторы, вызванные деятель-ностью человека. К ним, прежде всего, относится техногенная деятельность человека и вызванные этим неблагоприятные последствия для существования многих живых организмов.

Абиотическими факторами, вызывающими наибольшее влияние на наземные экосистемы являются: 1) климатические – свет, тепло, воздух (его состав и движение), вода (включая осадки в его разных формах, влажность почвы, воздуха, снежный покров); 2) эдафические (почвенно-грунтовые) – механический и химический состав почвы, кислотность грунтов, содержание растворимых солей и питательных веществ в них, их физические свойства и механический состав, рыхлость, степень аэрации и т.д.; 3) топографические (орогра-фические) – условия рельефа: высота элементов рельефа над уровнем моря, крутизна склонов. В зависимости от величины перепада высот, а также форм рельефа различают макрорельеф (холмы, овраги) и микрорельеф (мелкие углубления, выбросы земли, производимые роющими животными).

Макрорельеф влияет на распределение типов растительности в крупных географических масштабах. Пример: вертикальная зональность в горах (через каждые 100 м – температура уменьшается на 0,55оС, уменьшается также влажность, что приводит к сокращению длительности вегетативного периода).

На водные организмы влияет комплекс гидрологических факторов (гидрофизические, гидрохимические). Число компонентов, которые можно выделить в окружающей среде, очень велико и все они оказывает определенное воздействие на организмы. Ведущим фактором среды обитания является климат, в понятие которого входит комплекс физико-химических факторов. Климат определяется температурой окружающей среды и наличием воды, эти два взаимодействующих фактора определяют количество солнечной энергии, которое ассимилируется растениями в процессе фотосинтеза. Принято считать, что климат на Земле становится холоднее и суше по направлению к полюсам и жарче и влажнее по направлению к экватору. Глобальные колебания климата определяются главным образом положением Солнца по отношению к поверхности Земли. Атмосфера, океаны и суша нагреваются сильнее, когда солнечные лучи падают на них под прямым углом. Высота Солнца над горизонтом в один и тот же день различается в разных частях земного шара: если в тропиках Солнце стоит в зените, то в арктических областях оно находится низко над горизонтом, а, следовательно, количество поступающего от Солнца тепла возрастает от полюсов к экватору. Такое неравномерное распределение солнечной энергии по поверхности Земли определяет общие закономерности распределения, количества осадков и направления ветров.

Смена климата по сезонам года, а также по климатическим поясам позволяет выделять физико-географические зоны, различные природные пояса. Важным фактором, оказывающим влияние на распределение организмов, является также почва и её состав.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие факторы называются экологическими? Приведите примеры.
2. На какие группы делятся экологические факторы? Приведите примеры.
3. Как вы понимаете понятие «среда обитания живых организмов»?
4. Почему принято говорить о единстве организма и его среды обитания?
5. Приведите примеры «ключевых» экологических факторов в жизни нескольких известных организмов.
6. Приведите примеры взаимодействия нескольких экологических факторов?

**Лимитирующие факторы, «закон минимума» Либиха, «закон толерантности» Шелфорда.**

Организмы в процессе исторического развития приспособились к жизни в тех или иных местообитаниях и поэтому предъявляют определенные требования к количеству тех или иных экологических факторов. Каждый организм имеет свои пределы толерантности (выносливости). Любое условие, приближающееся к пределу толерантности или превышающее его, называется лимитирующим условием или фактором.

В 1840 г. Ю. Либих показал, что для нормального роста растений необходимо известное число химических элементов, причем одни элементы зачастую не могут быть полностью заменены другими. Среда, содержащая все элементы, кроме одного необходимого, не обеспечивает нормальный рост растения. Закон, сформулированный применительно к химическим элементам (факторам), имеет более общее значение и играет важную роль в экологии. Для жизни и процветания организмов необходимо наличие определенной совокупности условий. Если все условия оказываются благо-приятными, за исключением одного, количество которого недос-таточно, то это условие, называемое **лимитирующим фактором**, приобретает решающее значение для жизни или смерти рассматриваемого организма. Вывод Либиха о том, что «рост растений зависит от того элемента питания, который присутствует в недостаточном количестве», стал известен, как «**Закон минимума**» Либиха.

**Пределы толерантности.** Лимитирующим фактором может быть не только недостаток, на что указывал Либих, но и избыток этих факторов. Следовательно, организм характеризуется экологическим минимумом и экологическим максимумом; диапазон между этими двумя величинами составляет то, что называют пределами толерантности (терпимости). Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом ввел в 1913 году американский зоолог В. Шелфорд, сформулировавший «закон толерантности». Проведены многочисленные исследования, благодаря которым стали известны пределы толерантности для многих растений и животных.

Очень часто фактор среды, особенно абиотический, переносится организмом лишь в определенных пределах (Рис.1). Благоприятная зона воздействия называется **зоной оптимума (комфорта)**. Чем сильнее отклонения от оптимума, тем больше угнетает данный фактор жизнедеятельность организма (**зона пессимума**). Max и min- значения фактора – это критические точки, за пределами которых существование организма уже невозможно (**зона гибели**).



*Рис.1 Пределы выносливости организмов при воздействии экологических факторов*

Чтобы выразить относительную степень толерантности, в экологии существует ряд терминов, в которых используются приставки «**стено**», что означает - узкий, или «**эври**» – широкий.

- стенотермный – эвритермный (в отношении температуры);

- стеногидрический – эвгидрический (в отношении воды);

- стеногалинные - эвригалинные (в отношении солености);

- стенофагный - эврифагный (в отношении пищи);

- стеноойкный – эвриойкный (в отношении местообитания) и т.д.

Организмы с узкими пределами толерантности называются **стенотопными** (стенобионтными) и, наоборот, имеющие широкий диапазон толерантности – **эвритопными** (эврибионтными). Учитывая диапазон толерантности можно сделать ряд весьма важных для науки и практики обобщений:

1.Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности (ДТ) по отношению к одному или ряду факторов, но более узкий по отношению к другим (например, температура и влажность).

2. Организмы с широким ДТ ко многим факторам.Последние обычно наиболее распространены (например, из растений - карагач, береза, сосна, ель; из животных – воробьи, лисы, волки, медведи и др.).

3. Если условия по данному экологическому фактору не опти-мальны для вида, то может сузиться и ДТ к другим экологическим факторам (при сильной засухе растения не могут использовать питательные вещества из почвы, их фотосинтетическая активность падает).

4. Диапазон толерантности у одного и того же вида животных и растений может изменяться в зависимости от стадии (возраста) их развития. Для развивающихся особей диапазон толерантности в большинстве случаев бывает уже, чем у взрослых организмов. Изменяются требования в процессе онтогенеза к пище, влаге, свету, температуре и другим факторам.

Ценность концепции лимитирующих факторов состоит в том, что она дает экологу возможность исследовать сложные ситуации. Взаимоотношения между средой и организмами могут быть очень сложными, но не все факторы среды одинаково важны в каждой данной ситуации для каждого данного вида организмов. Изучая конкретную ситуацию, эколог может выделить наиболее слабые звенья и сфокусировать свое внимание на тех условиях среды, которые с наибольшей вероятностью могут оказаться лими-тирующими.

Основное внимание следует уделять тем факторам, которые «функционально важны» для организма. Путем наблюдений и анализа, экспериментов можно обнаружить функционально важные факторы, определить, как эти факторы влияют на особей, популяции и сообщества, что позволит довольно точно определить результат нарушений, предсказать будущие изменения.

Примеры, иллюстрирующие концепцию лимитирующих фак-торов: рассмотрим условия, в которых происходит успешное развитие яиц и вылупление детенышей у гольца и леопардовой лягушки. Икра гольца развивается при 0-12оС с оптимумом около 4оС, икра лягушки развивается при 0-30оС с оптимумом около 22оС. Следовательно, икра гольца стенотермна к низкой t, а икра лягушки по сравнению с ней эвритермна и толерантна к высокой температуре. Рассмотрим пример вида антарктической рыбы и карпозубой рыбы, обитающей в водоемах пустыни, которые представляют экстремальные районы в отношении пределов толерантности, связанными с очень резкими различиями в их местообитаниях. Диапазон переносимых температур составляет для первого вида менее 4оС (от –2 до +2оС); она таким образом стенотермна и адаптирована к холоду. С повышением до 0оС интенсивность метаболизма у этой рыбы возрастает, но после того, как температура превышает 1,9оС, интенсивность метаболизма вновь снижается.

При этом рыба утрачивает способность к движению, впадая в тепловое оцепенение. Рыба, обитающая в водоемах пустыни, эвритермна и к тому же эвригалинна, выдерживая от 10 до 40оС и широкий диапазон солености. Конечно, экологическая эффектив-ность неодинакова ко всему диапазону. Например, усвоение пищи максимально при 20оС и солености 15%.

****Сравнение относительных пределов толерантности стенотермных и эвритермных организмов представлено на рис.2..

*Рис.2 Сравнение относительных пределов толерантности стенотермных (I,III) и эвритермных (II) организмов.*

У стенотермного вида min, opt и max сближены, так что небольшие изменения t, которые мало сказываются на эвритермном виде, для стенотермного часто опасны. При этом стенотермные организмы могут быть толерантными к низким (олиготермными), или к высоким (политермными) температурам или обладать промежуточными свойствами.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие факторы окружающей среды называются лимитирую-щими? Приведите примеры.
2. На основании чего можно судить о потребности организма в количестве того или иного фактора? Изобразите графически зависимость величины отклика организма на величину фактора.
3. Можно ли сказать, что «закон минимума» Либиха является частным проявлением закона «толерантности»? Обоснуйте свой ответ.
4. Приведите примеры видов, которые по отношению к одному из факторов являются эврибионтными, а по отношению к другому – стенобионтными.
5. Существует ли для каждого вида лишь один лимитирующий фактор или их может быть несколько? Обоснуйте свой ответ.

ТЕМПЕРАТУРА. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЖИЗНЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Теплота - основа кинетики химических реакций, из которых скла­дывается жизнедеятельность организма. Поэтому температурные условия оказываются одним из важнейших экологических факторов, влияющих на интенсивность обменных процессов. Температура относится к числу постоянно действующих факторов; количес-твенное её выражение характеризуется широкими географичес-кими, сезонными и суточными различиями.

Диапазон температур от + 50 до - 50°С представляет собой фунда­ментальную характеристику температурных условий в биосфере, хотя имеются и отклонения от этих параметров.

Хорошо выражена разница температурных режимов по климатиче­ским зонам - от полярных пустынь Арктики и Антарктики с суровой и продолжительной зимой и прохладным коротким летом до экваториальной области с высокими и устойчивыми температурами.

В горах отмечается вертикальный градиент температур, зависимость температур от экспозиции склона, его изрезанности и т.п. Значительно более сглажены температурные условия в почве. С глу­биной сезонные и иные колебания температур уменьшаются и темпера­турный режим становится стабильно благоприятным для живых организ­мов. В океанической среде температурный режим отличается меньшими колебаниями. С глубиной постоянство температур возрастает. В континентальных водоёмах условия более разнообразны. Диапазон температур в них составляет от нуля градусов до величины, близкой к точке кипения (в термальных источниках, где обитают некоторые прокариоты). Согласно общему для всех химических реакций правилу Вант-Гоффа, повышение ведёт к пропорциональному возрастанию скорости реакции. В живых организмах скорость ферментативных реакций не является линейной функцией температуры.

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ** ПОРОГИ ЖИЗНИ

Верхний температурный порог жизни теоретически определяется температурой свёртывания белков. Необратимые нарушения структуры белков обычно возникают при температуре порядка 60°С. Именно таков порог «тепловой смерти» у ряда простейших и некоторых низших многоклеточных организмов. Обезвоживание организма повышает этот порог. Именно на этом основана высокая термоустойчивость цист, спор, семян. У прокариот высокая термоустойчивость определяется биохимиче­скими особенностями протоплазмы. Некоторые анаэробные архео-бактерии нормально существуют при температурах ….

У более сложно организованных растений и животных тепловая ги­бель наступает при более низких температурах. Основная причина её -рассогласование обменных процессов, вызванное разным значением коэффициента температурного ускорения химических реакций. У животных большое значение имеют нарушения деятельности нервной системы и её функций. Поэтому у большинст-ва животных тепловая гибель наступает раньше, чем начинают коагулировать белки -при температуре тела порядка 42-43°С. Растения аридных зон выдержива­ют нагревание до 50-60°С.

**Нижний температурный порог жизни.** Нарушения мета-болических и регуляторных процессов наступают и очень низких температурах. У животных с понижением температуры тела проявляются нарушения деятельности сердечной мышцы, функций почек. Условные рефлексы собак угасают при температуре тела 30-27°С.

Нехолодостойкие растения (обитатели влажных тропических лесов, водоросли тёплых морей) погибают при температуре несколько выше 0°С из-за инактивации ферментов и нарушения ряда метаболических процес­сов.

Важное значение в определении нижнего температурного порога жизни имеют структурные изменения в клетках и тканях, связанные с замерзанием внеклеточной и внутриклеточной жидкостей. При образова­нии кристаллов льда механически повреждаются ткани, что часто служит причиной холодовой гибели. Кроме того, образование льда нарушает обменные процессы: обезвоживание цитоплазмы влечёт за собой повыше­ние концентрации солей, нарушение осмотического равновесия и денату­рацию белков. Для многих животных именно нарушения метаболизма вызывают холодовую гибель. Среди растений холодоустойчивые формы выдерживают полное зимнее промерзание, что определяется сезонной перестройкой ультраструктуры клеток, направленной на устой-чивость к их обезвоживанию. Сухие семена выдерживают охлаж-дение практически до абсолютного нуля.

Принципы теплообмена организма. Постоянно происходящий об­мен тепла (теплообмен) организма со средой складывается из двух противоположных процессов: притока тепла и отдачи его во внешнюю среду. Поступление тепла в организм из внешней среды идёт путём теплопроводности и радиации; кроме того, в любом живом организме продуцируется эндогенное тепло как результат всех метаболических реакций. Отдача тепла во внешнюю среду осуществляется также проведе­нием и радиацией; кроме того, значительное количество тепла расходуется организмом в процессе жизнедеятельности путём испарения влаги (скрытая теплота испарения при 22°С составляет 2443,5 Дж/г, или 584 кал/г). Баланс этих двух процессов и определяет собой температуру тела,т.е. тепловую среду биохимических и физиологических реакций, проте­кающих в организме.

По принципиальным особенностям теплообмена различают две крупные экологические группы организмов: и гомойотермные.

Пойкилотермные («холоднокровные») организмы. К пойкилотермным (от Греч, poikilos - изменчивый, меняющийся) организмам относят все таксоны органического мира, кроме двух классов позвоночных животных - птиц и млекопитающих. Название подчёркивает одно из наиболее заметных свойств представителей этой группы: неустой­чивость температуры их тела, меняющейся в широких пределах в зависи­мости от изменений температуры окружающей среды.

Температура тела. Прямая зависимость температуры тела пойкилотермных животных от температуры среды обусловлена низкой интенсив­ностью метаболизма. Главным источником поступления тепловой энергии у них является внешнее тепло. Скорость изменений температуры тела пойкилотермов связана об­ратной зависимостью с их размерами. Это, прежде всего, определяется соотношением массы и поверхности: у более крупных форм относительная поверхность тела уменьшается. Это имеет большое экологическое значение, определяя для разных видов возможность заселения географиче­ских районов или биотопов с определёнными режимами температур. Именно крупные размеры тела позволяют животным проникать в более холодные районы.

Скорость метаболизма. Скорость потребления кислорода, в частно­сти при быстрых изменениях температуры следует за этими изменениями, увеличиваясь при повышении её и уменьшаясь при снижении. То же относится к другим физиологическим функциям: частота сердцебиений, интенсивность пищеварения и т.д. У растений в зависимости от темпера­туры изменяются темпы поступления воды и питательных веществ через корни. Показано, что при понижении температуры от 20 до 0°С поглоще­ние воды корнями уменьшается на 60-70%. Как и у животных, повышение температуры (до определённых пределов) вызывает у растений усиление дыхания.

Влияние температуры не прямолинейно: по достижении определён­ного порога стимуляция процесса сменяется его подавлением. Это общее правило, объясняющееся приближением к зоне порога нормальной жизни.

У животных зависимость от температуры весьма заметно выражена в изменениях активности, которая отражает суммарную реакцию организма и форм самым существенным образом зависит от температурных условий.

Teмneрaтурa и развитие .В наиболее генерализованной форме влияние температуры на обменные процессы прослеживается при изучении онтогенетического развития пойкилотермных организмов. Так, развитие икры форели продолжается 205 суток, при- 82, при 10°С-41 сут. Этот пример идеально отвечает общей закономерности, представ­ленной правилом температурной константы развития:

T(t-to)=K,

гдеТ - продолжительность развития, (t — to) - эффективная температура, К - термальная константа развития, которая представляет собой сумму эффективных температур, необходимую для прохождения процессов развития данного вида.

Эффективными температурами называют температуры выше того минимального значения, при котором процессы развития вообще возможны; эту пороговую величину называют

биологическим нулём развития.

Закономерности развития, связанные с температурой, используются в сельском хозяйстве для прогнозов урожая, сроков вылета вредителей, числа их генераций в течение летнего сезона и т.п. Так, установлено, что яблоневая плодожорка Laspeiresia ротonellaв северной Украине при годовой сумме эффективных температур 930°С даёт лишь одно поколение, в лесостепной части Украины - два, а на юге, где сумма эффективных температур достигает1870°С возможны три генерации за лето.

Пассивная устойчивость. За границами температурного диапазона активной жизнедеятельности у многих организмов проявляются реакции оцепенения, характеризующиеся резким снижением уровня обменных процессов. В таком пассивном состоянии пойкилотермные организмы могут переносить достаточно сильное повышение либо ещё более выраженное понижение температуры без патологических последствий. Основа такой температурной толерантности заключена в высокой степени тканевой устойчивости, свойственной всем видам и часто поддерживаемой сильным обезвоживанием (семена, споры, некоторые мелкие животные). Состояние оцепенения следует рассматривать как адаптивную реак­цию. Тем не мене при переходе температуры за пределы толерантности наступает гибель организма.

Активные формы температурных адаптации (элементы терморегуляции) у пойкилотермных организмов проявляются в способности поддерживать высокую температуру тела за счёт двигательной активности. Хорошо известен способ регуляции» температуры в пчелином улье путём трепетания крыльев большого числа особей. Широко распространено использование охлаждающего действия испарения влаги. Для животных характерно адаптивное поведение: активный выбор мест с наиболее благоприятным микроклиматом и смена поз.

**ГОМОЙОТЕРМНЫЕ** («ТЕПЛОКРОВНЫЕ») ОРГАНИЗМЫ

К этой группе относят два класса высших позвоночных - птицы и млекопитающие. Принципиальное отличие теплообмена (от Греч, homoios - одинаковый, подобный) животных от пойкилотермных заключается в том, что приспособления к меняющимся температурным условиям среды основаны у них на функционировании комплекса активных механизмов поддержания теплового гомеостаза внутренней среды организма. Благодаря этому биохимические и физиоло­гические процессы всегда Протекают в оптимальных температурных условиях. Интенсивность метаболизма у гомойотермных организмов на один два порядка выше, чем у пойкилотермных. В основе их теплового баланса лежит использование собственной теплопродукции. Поэтому птиц и млекопитающих относят к организмам важное свойство, благо-даря которому существенно снижается зависимость жизне-деятельности организма от температуры внешней среды.

Температура тела гомойотермных животных характеризуется до­вольно высоким постоянством. Даже арктических и антарктических видов при температуре среды до минус 50°С температура тела колеблется не более чем в пределах 2-4°С (и составляет у птиц около 41°С).

У млекопитающих температура тела несколько ниже, чем у птиц, и у многих видов подвержена более сильным колебаниям. Характерны видовая специфичность температуры тела млекопи-тающих. Межвидовые отличия укладываются в диапазон 30 - 39°С. Для многих млекопитающих характерно снижение температуры во время сна (от десятых долей градуса до 4-5°С).

Всё сказанное относится к так называемой глубокой температуре те­ла, характеризующей тепловое состояние термостатируемого «ядра» тела. У всех гомойотермных животных наружные слои тела (покровы, часть мускулатуры и т.д.) образуют «оболочку», температура которой изменяет­ся в широких пределах. Таким образом, устойчивая температура характе­ризует лишь область локализации важных внутренних органов и процес­сов.

Механизмы терморегуляции. Физиологические механизмы, обес­печивающие тепловой гомеостаз организма (его «ядра»), подразделяются на две функциональные группы: механизмы химической и физической терморегуляции.

Химическая терморегуляция представляет собой регуляцию теплопродукции организма. Это процесс рефлекторного усиления либо уменьшения в ответ на снижение либо повышение температуры окружающей среды.

Тепло постоянно вырабатывается в организме в процессе окисли­тельно-восстановительных реакций метаболизма. При этом часть его отдаётся во внешнюю среду тем больше, чем больше разница температуры тела и среды. Поэтому поддержание устойчивой температуры тела при снижении температуры среды требует соответствующего усиления процессов метаболизма и сопровож-дающего их теплообразования, что компенсирует теплопотери и приводит к сохранению общего теплового баланса организма.

Специфическое теплообразование сосредоточено преимущест-венно в скелетной мускулатуре. Терморегуляционный тонус выражен микросокращениями фибрилл, регистрируемыми в виде повыше­ния электрической активности внешне неподвижной мышцы при её охлаждении. При этом наблюдается повышение потребления мыш-цей кислорода подчас более чем на 15%. При более сильном охлаждении наряду с резким повышением терморегуляционного тонуса включаются видимые сокращения мышц в форме холодовой дрожи. Газообмен при этом возрастает до 300-400% (К.П.Иванов, 1965). При длительном воздействии холода сократительный тип термогене-за может быть замещён (или дополнен) переключением тканевого дыхания в мышце на так называемый свободный ('неосфорилирущий) путь, при котором выпадает фаза образования и последующего расщепления АТФ.

У млекопитающих (а также возможно и у птиц) существует ещё одна форма недрожевого термогенеза, связанная с окислением особой бурой жировой ткани, откладывающейся в области межлопаточного пространст­ва, шеи и грудной части позвоночника. Бурый жир содержит большое количество митохондрий и пронизан многочисленными кровеносными сосудами. Под действием холода увеличивается кровоснабжение бурого жира, интенсифицируется его дыхание, возрастает выделение тепла. Важно, что при этом непосредственно нагреваются расположенные вблизи органы: сердце, крупные сосуды, лимфатические узлы, а также централь­ная нервная система. Бурый жир используется, главным образом, как источник экстренного теплообразования.

Физическая терморегуляци**я**–процесс поддержания оптимальной температуры тела регулированием теплоотдачи при помощи комплекса морфофизиологических механизмов. Теплоизоляционные структуры (перьевой, волосяной покровы) удерживают вокруг тела слой воздуха, который играет роль теплоизолятора. Рефлекторное управление {пиломоторная реакция) *п*араметрами покровов (объём, плотность и т.п.) обеспечивает быстрый и эффективный ответ организма на нарушения теплового баланса при меньших по сравнению с химической терморегуляцией затратах энергии.

Для гомойотермных животных характерны охлаждающие механиз­мы регулируемого испарения воды (пота с поверхности кожи, влаги слизистых оболочек с поверхности ротовой полости и верхних дыхатель­ных путей /с изменением частоты дыхания/), а также сосудистые реакции (при которых изменение теплоотдачи достигается расширением и сужением мелких кровеносных сосудов, расположенных близко к поверхности кожи).

Поведенческие адаптации направлены на более экономичное расхо­дование энергии на терморегуляцию. Характерно исполь-зование и поддержание особенностей микроклимата.

Обратимая гипотермия–способность некоторых групп гомойотермных животных подобно впадать в состояние оцепенения со снижением интенсивности метаболизма и понижением температуры тела. У видов с сезонной и суточной ритмикой гипо-термии развиты эндогенные биологические часы, основанные на термо-фото-периодической реакции.

Стратегии теплообмена. В эволюции органического мира температурные адаптации развива­лись двумя разными путями. Для большинства животных характерен пойкилотермный тип тепло­обмена, при котором приспособления к температурным воздействиям в основном осуществляются по отношению к средним режимам температур, сохраняющимся длительное время (географические и сезонные адапта­ции). Адаптации происходят в первую очередь на клеточно-тканевом уровне. Приспособления к конкретным, лабильным температурным условиям носят по преимуществу характер простых поведенческих реакций.

Принципиально иной тип приспособления к температурному факто­ру свойственен гомойотермным животным. У них темпе-ратурные адаптации связаны с активным поддержанием постоянства внутренней температуры и основаны на высоком уровне метаболизма и эффективной регулирующей функции центральной нервной системы. Комплекс морфофизиологических механизмов поддержания теплового гомеостаза организма – специфическое свойство животных. Обе вышеописанные эволюционные стратегии обеспечивают широ­кое расселение и занятие многообразных экологических ниш. В первом случае это достигается на базе общей температурной толерантности (стратегия 1). Во втором - на основе поддержания теплового гомеостаза внутренней среды теплообмена

**Контрольные вопросы:**

1.Дайте определение экологических факторов

2. Приведите классификацию экологических факторов

3. Охарактеризуйте влияние температурного фактора на организмы

4. Назовите типы температурных адаптации (стратегии теплообмена)

**ТЕМПЕРАТУРА, СВЕТ, ВОДА, КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ**

Температура играет важную роль в жизни растений и животных. Физико-химические процессы в телах организмов могут протекать только в определенных температурных пределах, поэтому значительная часть организмов способна жить лишь при температуре от 0о до 50оС. При tо ниже 0о замерзает Н2О, являющаяся главной составной частью цитоплазмы клеток, а при высоких tо происходит необратимое свертывание белков, находящихся в клетках в виде коллоидных растворов. Температура 20о-30о  является оптимальной для большинства видов.

По интенсивности обмена веществ можно выделить три группы организмов. К I группе принадлежат организмы, характеризующиеся низким уровнем окислительно-восстановительных процессов, непостоянной температурой тела и почти полным отсутствием механизмов терморегуляции. Они представляют группу пой-килотермных (холоднокровных) животных. К ним относятся все беспозвоночные, низшие позвоночные. Вторая группа харак-теризуется высокой интенсивностью окислительно-восстано-вительных реакций, постоянной температурой и четко выраженной способностью к терморегуляции. Это гомойотермные (теплокровные) животные (птицы и млекопитающие).Промежуточное положение занимают гетеротермные животные, характеризующиеся флуктуациями уровня метаболизма и температуры тела в течение суток или в отдельные периоды жизни – низшие и зимоспящие животные.

Холоднокровные и теплокровные организмы имеют свои преимущества, позволившие и той, и другой группам организмов выжить в процессе эволюции и выработать адаптации для преодоления недостатков. Холоднокровным организмам нужно меньше корма, поскольку питательные вещества ими используются в основном, как строительный, а не как энергетический материал. Но т.к. они неспособны к терморегуляции, значительные территории земного шара оказываются для них недоступными из-за низких температур. Постоянная температура тела у теплокровных животных позволила им заселить весь земной шар, в том числе и места с экстремальными температурными условиями, но для поддержания высокой температуры тела им необходимо много пищи, а ее часто не хватает. В связи с этим у теплокровных организмов возникли различные адаптации к добыванию корма. Однако низкие и высокие температуры оказывают неблагоприятное воздействие на жизнедеятельность и холодно- и теплокровных организмов, поэтому и у тех, и у других вырабатывается ряд адаптаций, предотвращающих неблагоприятные температурные влияния.

Большинство холоднокровных организмов зимой переходят в состояние покоя, летом, в жаркое время суток, они перемещаются в места с более благоприятным температурным режимом, снижают жизненную активность. Выживанию растений при низких температурах способствует накопление сахаров и др. веществ, увеличивающих вязкость клеточного сока. У насекомых к зиме накапливаются в теле антифризы (вещества, понижающие температуру замерзания) – глицерин, жир. Основным приспособ-лением к экстремальным температурам у теплокровных животных является терморегуляция. Различают химическую и физическую терморегуляции. Химическая терморегуляция основана на изменении интенсивности обмена веществ. На холоде теплокровные организмы увеличивают теплопродукцию за счет увеличения интенсивности окислительных процессов. Так, у песца даже при температуре среды обитания –36оС температура тела остается равной 41оС. При перегреве нужно отдать излишек тепла, накопившегося в организме. У млекопитающих это осуществляется, в основном, при потоотделении, тогда как у птиц, в связи с отсутствием потовых желез, особое значение приобретают учащенные дыхания (что увеличивает испарение воды с верхних дыхательных путей) и потери тепла. Физическая терморегуляция основана не на продуцировании тепла, а на его экономии. Так, хорошим приспособлением к экономному расходованию тепла у животных холодных стран является густой меховой покров. У них также более короткие придатки тела: уши, хвосты, лапы (**правило Аллена**).

Отдача тепла происходит через поверхность тела, поэтому, чем меньше отношение поверхности к объему, тем экономнее расходуется тепло. Это отношение меньше у крупных животных и больше у мелких. Установлено, что виды животных холодных стран крупнее, чем близкие им виды теплых стран (**правило Бергмана**). Хотя это не является всеобщим явлением. Величина тела определяется не только температурой, но и рядом других факторов, например, обеспеченностью пищей и др.

Многие теплокровные животные так же, как и холоднокровные, избегают экстремальных температур экологическими путями (миграции млекопитающих, перелеты птиц, перемещение в норы, понижение активности в жаркое время деятельности и т.д.).

Для типичных гетеротермных животных, например, для утконоса, характерна невысокая (около 30оС) и, главное, неустойчивая температура тела, которая колеблется в пределах нескольких градусов. Гетеротермия свойственна ряду млеко-питающих, которые в теплое время года являются типичными теплокровными организмами, но на зиму погружаются в спячку (ежи, летучие мыши, сурки, суслики, бурундуки, барсуки, медведи). Во время спячки обмен веществ у них падает до минимума, животные почти не дышат, температура тела понижается.

ВОДА И МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЛИ

Вода имеет первостепенное значение в функционировании живых организмов. Это основная среда биохимических реакций, необходимая составная часть протоплазмы. Питательные вещества циркулируют в организме главным образом в виде водных растворов; в таком же виде транспортируются, а в значительной степени и выносятся из организмов продукты диссимиляции. Вода составляет основную массу организмов растений и животных; её относительное содержание в тканях колеблется в пределах 50-80%, а у ряда видов и значительно выше. Так, в теле медуз содержится около 95% воды, в тканях многих моллюсков - до 92. От количества воды и растворённых солей в значительной мере зависит внутриклеточный и межклеточный обмен, а у гидробионтов - и осмотиче­ские взаимоотношения с внешней средой. Газообмен у животных возмо­жен только при наличии влажных поверхностей. У наземных организмов испарение влаги участвует в формировании теплового баланса со средой. Водный обмен организма со средой складывается из двух противоположных процессов: поступление воды в организм и отдача её во внешнюю среду. У высших растений этот процесс представлен всасыванием воды из почвы корневой системой, проведением её (вместе с растворёнными веществами) к отдельным органам и клеткам и выведением впроцессе. В водном обмене около 5% воды используется для фотосинтеза, а остальное - на компен-сацию испарения и поддержание тургора.

Животные получают влагу в виде питья, и этот путь для многих форм, даже водных, оказывается необходимым. Выведение воды происхо­дит с мочой и экскрементами, а также путём испарения. Многие организмы, особенно обитающие в водной среде, способны получать и отдавать воду через покровы или специализированные участки тканей, проницаемые для воды. Это относится к обитателям наземной среды: получение влаги из таких источников, как роса, туман, дождь, характерно для многих растений, беспозвоночных животных, амфибий.

Для животных важным источником воды является пища; при этом значение её в водном обмене не исчерпывается содержанием воды в тканях кормовых объектов. В процессе окисления органических веществ образу­ется так называемая метаболическая вода. Усиленное питание сопровож­дается накоплением в организме жировых резервов; значение этих запасов двойное: это и энергетический резерв, и внутренний источник поступления воды в клетки и ткани.

Значительные колебания условий обеспечения влагой в разных сре­дах, географических регионах и местообитаниях вызвало эволюционное становление широкого круга специальных адаптации. Экологическое значение воды не ограничивается наличием скоплений её в водоёмах разного типа. В наземной среде не меньшее значение имеют осадки, которые определяют режим водоёмов, почвенной влаги и влажности воздуха. Распределение осадков очень неравномерно. В тропических лесах выпадает более 1000 мм (1 л на 1км2в год (на Гавайских островах до 12м!), тогда как в пустынях тропического пояса - менее 200 мм в год (Сахара, Аравийские пустыни, Южная Калифорния). В умеренном поясе, в пустынях Центральной Азии, Ирана и др., также выпадает не более 250 ммосадков в год, в лесах этого пояса - больше (в Колхиде - до 2500 мм), но, в общем, осадки здесь менее обильны, чем в тропиках. Выпадение осадков подчас резко колеблется по сезонам.

Влажность воздуха отражает содержание водяных паров к их количеству, насыщающему воздух при данной температуре (относительная влажность, Влажность воздуха определяет поступление воды в организм через покровы, а также условия потери воды этим путём и с поверхности дыхательных путей. В последнем случае важное значение имеет показатель дефицита насыщения - разность между количеством паров, насыщающих воздух при данной температуре, и абсолютной влажностью.

Водный обмен теснейшим образом связан с обменом солей. Опреде­лённый набор солей (ионов) представляет собой необходимое условие нормальных функций организма, так как соли входят в состав тканей, играя важную роль в обменных механизмах клеток. Изменение количества воды и солей влечёт за собой соответствующие сдвиги осмотических процессов и ионного равновесия. Водный и солевой аспекты обмена веществ связаны общими приспособлениями, поэтому обычно говорят об адаптациях водно-солевого обмена к условиям среды. Особо важное значение поддержание устойчивого водно-солевого обмена имеет для организмов, у которых осмотические процессы осущест­вляются не только на суб-организменном уровне, но и с окружающей их водной средой, для которой солёность выступает как один из важнейших параметров.

ВОДНО-СОЛЕВОЙ ОБМЕН У ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

По степени солёности естественные водоёмы подразделяются напресные с солёностью менее 0,50/00 соленость колеблется в пределах 0,5 - 160/00  и солёные - больше 160/00.Солёностьокеанических водоёмов составляет 32 - 38 %о (в среднем 35 %о), но самое высокое содержание солей характеризует не морские, а некоторые внутренние водоёмы типа солёных озёр, где концентрация электролитов доходит до 370%о

По характеру водно-солевого обмена делятся на пресноводных и морских, хотя некоторые(приспособленные к широкому диапазону солевых концентраций) формы могут обитать и в ,и в других условиях. Для всех первичноводных организмов характерно наличие проницаемых для воды покровов, поэтому различие осмотической концентрации водной среды и жидкостей организма создаёт осмотический ток воды в сторону большего осмотического давления. Результат осмоти­ческих процессов неодинаков для обитателей разных типов водоёмов.

Жизнь формировалась в морской воде, что наложило свой отпечаток на основные физико-химические показатели живых организмов.

У большинства обитателей морских водоёмов концентрация солей в организме близка к таковой окружающей среды, а благодаря проницаемо­сти покровов любые изменения солёности немедленно уравновешиваются осмотическим током воды. Такие организмы принято называть пойкилосмотические.

Таковы практически все цианобактерии и низшие растения,

Животных, способных к активной регуляции осмотического давле­ния жидкостей тела, поддерживающих относительное постоянство этого параметра внутренней среды независимо от окружающей воды, называют гомойосмотическими или осморегуляторами. Существует небольшая группа безпозвоночных организмов (кишечно­полостные, иглокожие). Осмотическое давление жидкостей их тела близко к таковому морской воды и изменяется параллельно изменениям внешней солёности.

У большинства других беспозвоночных регистрируется некоторое превышение осмотического давления внутренней среды организма (его гипертоничность), что обеспечивает пос-тоянный приток в организм воды в пределах, легко уравно-вешивающихся процессами выделения.

Способность изотоничных животных переносить некоторые измене­ния солёности среды определяются главным образом механизмами клеточной устойчивости к обводнению или дегидратации. Диапазон такой устойчивости обычно не очень велик, поэтому изоосмотические осмоконформеры распространены, как правило, в морских водоёмах с относительно устойчивой солёностью. Беспозвоночным (высшие раки, моллюски, насекомые и др.) свойственно переносить более значи­тельные колебания солёности. Это обеспечивается механизмами активной регуляции осмотического давления внутренней среды, которые включают изменения проницаемости мембран, активный перенос ионов (в включая выведение избытка солей), а также изменения внутриклеточной концен­трации свободных аминокислот в направлении, уравновешивающем суммарное осмотическое давление в клетке с внешней средой.

У пойкило-осмотических организмов имеется возможность осуществления активной ионной регуляции, которая определяет отличия количественных показателей содержания отдельных ионов в среде и в организме. Это основа жизнедеятельности организмов-концентраторов, способных избирательно извлекать из среды и накапливать в организме отдельные соли. В отличие от ионная регуляция свойственна большинству живых организмов.

Пресноводные жизненные формы всегда в силу чего внутрь организма направлен постоянный осмотический поток воды. Они относятся к гомойоосмотическим формам.

Наиболее эффективная адаптация позвоночных к обитанию в гипотонической среде – образование почек, действие которых основано на принципах избирательной ультрафильтрации и реабсорбции.

Продукты азотистого обмена - аммиак и мочевина - растворимы в воде и легко выводятся не только через почки, но и через жабры. Действие осморегуляторных механизмов может изменяться в зави­сим ости от соотношения осмотических давлений водной среды и жидко­стей организма. Это открыло водным позвоночным возможность освоения различных по солёности водоёмов.

Морские формы существуют в условиях гипертоничности внешней среды, обусловливающей постоянные осмотические потери воды (в основном через жабры). Пополнение потерь воды у них происходит путём питья. Избыток получаемых при этом солей выводится через почки и с фекалиями (главным образом двухвалентные ионы), а также активно особыми клетками жаберного эпителия (преимущественноNa+ С1+).

Замечательным примером широкой приспособляемости к солевому режиму служат проходные формы некоторых(миноги) и рыб. При миграциях из моря в реки механизму них полярно преобразуется (смена гипо-и-гипертонического состояния организма), что основано на пресноводном типе строения почек у всех водных позвоноч­ных.

ВОДНЫЙ **И СОЛЕВОЙ ОБМЕН НА СУШЕ**

Выработка адаптации к дефициту влаги - ведущее направление эволюции при освоении различными группами организмов наземной среды.

В экономии расхода влаги организмом существенную роль играет уменьшение водопроницаемости покровов (наличие слизи у амфибий, ороговевшего эпидермиса у высших позвоночных; отсутствие кожных желез у пресмыкающихся и птиц).

В аридных условиях характерна пассивная адаптация (оцепенение). Активная адаптация к дефициту влаги выражается у подвижных форм животных различными поведенческими реакциями. Проникновение в биотопы с колеблющейся влажностью сопро-вождается сдвигами характера активности в сторону периодов времени с благоприятными режимами влажности.

Среди позвоночных животных наиболее совершенные адаптации к жизни в воздушной среде сформировались у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Эти три класса объединяются в группу амниот (Amniota),специфические особенности морфологии и физиологии которой целиком связаны с преобразованиями водного обмена, открывающими возможность существования в полном отрыве водной среды. Помимо приспособлений к размножению вне водоёмов принципиальные изменения водного обмена у этих животных, как и у наземных беспозвоночных, связаны с эффектив-ным использованием метаболической воды и с морфофизио-логическими особенностями покровов и выделительной системы.

*Таблица 1.*

*Адаптации к засушливым условиям у животных*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уменьшение потери воды | Увеличение  поглощения воды | | | Запасание  воды | | | Физиоло-гическая  устойчивость  к потере воды | «Уклоне-ние» от проблемы | |
| 1 |  | г |  | |  |  | | 1 | Г |
| Выделение азота в виде мочевой кислоты | Прорытие ходов к воде | | В слизистых клетках и клеточных стенках | | | Потеря  ной массы тела | | Животные прячутся в норах | |
| Уменьшение  Потовыде-ления |  |  | В виде жира | | | Восстанов-ление  массы тела при доступе воды | | Поведен-ческие  реакции избе­гания | |
| Ткани выносли­вы к высоким темпера-турам |  |  | В специали­зированном мочевом пузыре | | |  | | Летняя спячка | |
| Дыхательные отверстия при­крыты -нами |  |  |  | |  |  | |  |  |

**АДАПТАЦИИ К ДЕФИЦИТУ ВЛАГИ У ЖИВОТНЫХ**

Растения существенно отличаются от животных по характеру механизмов водно-солевого обмена. Для растений вода является не только фактором среды, но и ресурсом, непосредственно участвующим в продукции (роль воды в процессе фотосинтеза). Поэтому разрыв связи растения с источником воды невозможен; при временном разрыве этой связи неизбежен переход в неактивное состояние (анабиоз). Отсюда важная роль структуры корневой системы. Через корневую систему растение получает и воду, и минеральные соли, т.е. водно-солевой обмен у них и в наземной среде остаётся целостным процессом.

Экстенсивная корневая система охватывает большой объём почвы, но слабо ветвится. Интенсивная корневая система отличается тем, что небольшой объём почвы густо пронизан многочисленными ветвящимися корнями и корневыми волосками. Например, у ржи (интенсивная корневая система) общая длина корней без корневых волосков в 1000 почвы может достигать 13 км.

По отношению к водному режиму (влажности биотопа, морфо-физиологическим адаптациям) растения могут быть разделены на несколько экологических групп (рис.)

выгоден энергетически. Он связан с закономерными процессами газообмена: постоянным притоком О2 и выносом СО2, образующегося в результате окисления органических субстратов.

Механизм газообмена заключается в диффузии газов - кислорода и диоксида углерода - по градиенту их концентрации. Это обстоятельство определило принципиальные пути эволюционного становления системы газообмена и механизмы экологических вариантов этой системы в различных по обеспеченности кислородом условиях существования.

У растений дыхание в отличие от фотосинтеза осуществляется всеми органами и тканями. Кислород проникает в растения через устьица, растворяется в жидкостях клеточных стенок и отсюда по градиенту парциального давления проникает в цитоплазму. В связи с этим возникает проблема важности влажной поверхности оболочек и мембран, связывающая процессы дыхания с условиями водного обмена.

В принципе растения (по крайней мере их надземные части) не лимитированы по снабжению кислородом. Экологически вызванные трудности могут возникать с дыханием корней при переувлажнении почвы. Аэрация почвы обеспечивается системой пор, заполненных отчасти воздухом, а отчасти водой. В условиях переувлажнения почв (паводки, длительные ливневые дожди и т.п.) все поры заполняются водой, и даже в верхних, обычно наилучшим образом аэрированных горизонтах почвы возникает ситуация кислородной недостаточности. Это нарушает рост корней и их функцию; снижается уровень поглощения воды и транспирации. При длительной нехватке кислорода для корневой системы растение увядает и погибает. Поэтому нормально корневая система растений не проникает в горизонты грунтовых вод.

Для большинства растений минимальная концентрация кислорода в почвенной влаге, которая обеспечивает рост и функционирование корней, составляет около 1-2 мг/л (сосна, ель). Однако устойчивость разных видов к недостатку кислорода в почве различна и связана с их биологией.

Высокой устойчивостью к дефициту кислорода отличаются растения-гидрофиты, корни которых нормально развиваются в переувлажнённой почве. Такая устойчивость отчасти объясняется толерантностью на тканевом уровне, а отчасти тем, что нехватка кислорода в почве компенсируется передачей его в корни из надземных частей растения по воздухоносной системе.

У животных диффузионный принцип газообмена лежал в основе формирования специализированных органов дыхания. Для крупных форм это связано с разделением общего процесса дыхания на две составляющие: внешнее дыхание (газообмен в дыхательных органах) и внутреннее(газообмен в клетках и тканях). При этом формируется транспортная система (гемолимфа, кровь), функционально объединяющая эти два процесса. Объясняется это тем, что скорость диффузии кислорода прогрессивно уменьшается по мере удаления от поверхности газообмена; кроме того, на этом пути кислород активно поглощается живыми клетками. Поэтому дыхание через поверхность тела без участия транспортной системы эффективно лишь для очень мелких организмов. Подсчитано, что при сферической форме такой тип дыхания может обеспечить потребность в кислороде лишь у организмов диаметром около 1 мм. Этим условиям отвечают, например, простейшие.

Известны и более крупные животные, осуществляющие газообмен прямо через поверхность. Они либо имеют сильно уплощённое тело, благодаря чему кислород легко диффундирует на всю его толщину (плоские черви), либо их поверхность сложно структурирована, открывая доступ кислорода к отдельным клеткам (губки), либо, наконец, живые клетки расположены тонким слоем на поверхности инертной воды и минеральных веществ (медузы). Все эти формы отличаются очень низким уровнем окислительного метаболизма.

В большинстве же случаев у многоклеточных живот-ных сформировались специальные органы внешнего дыхания, связанны с транспортной системой со всеми клетками и тканями организма. Принцип таких органов достаточно однообразен: формируются открытые участки покровных эпителиальных тканей, густо снабжённые системой кровеносных капилляров. Через эти участки осуществляется диффузия О2 из внешней среды в кровь и СО2 - в обратном направлении (исключение составляют насекомые).

**ГАЗООБМЕН В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

Первичноротые животные и погруженные растения используют для дыхания кислород, растворённый в воде, извлекая его либо всей поверхностью тела, либо специальными органами дыхания. Растворимость кислорода в воде невелика: при давлении сухого газа над водной поверхностью в 1 атм.(101,3 кпа) в 1 л воды растворяется около 34 мл O2.Практически содержание кислорода в природных водоёмах существенно ниже и редко превышает 10-11 мл/л.

Суммарное воздействие многих и разнообразных факторов на процесс растворения кислорода приводит к тому, что его содержание в естествен­ных водоёмах не только невелико, но и весьма изменчиво и создаёт сложную экологическую обстановку для реализации процессов газообмена у гидробионтов.

ПРИНЦИП **ВОДНОГО ДЫХАНИЯ.** У всех рыб жаберный аппарат устроен так, что вода активно прокачивается сквозь систему жаберных лепестков, на поверхности которых происходит газообмен. Извлечение кислорода из воды в жабрах рыб усиливается вследствие использования принципа противотока: движение крови в капиллярах жаберных пластинок ориентировано так, что оказывается противоположным току воды.

АДАПТАЦИИ **К ИЗМЕНЕНИЯМ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДЕ.** Важнейшим параметром, определяющим эффективность дыхания является общая дыхательная поверхность жаберных пластинок. Число и величина этих пластинок хорошо коррелирует с экологическими особенностями разных видов рыб (относящихся к разным экологическим группам). Аналогичная закономерность прослеживается и у многих других гидробионтов - водных животных (личинок эфемерид и др.).

Наряду с анатомическими приспособлениями существуют физиологи­ческие адаптации к колебаниям концентраций кислорода. Они проявляют­ся в изменении частоты дыхательных движений и увеличении объёма пропускаемой через органы дыхания воды в единицу времени. Экология и физиология дыхания тесно взаимосвязаны. Обитатели хорошо аэрированных водоёмов обычно высоко подвижны (и наоборот).

В реактивных ответах на гипоксию большую роль играет динамика содержания гемоглобина в крови (дафнии и др.). У рыб изменяется число эритроцитов.

ВОЗДУШНОЕ **ДЫХАНИЕ РЫБ.** Умногих видов рыб эволюционно сформировались морфо-физиологические приспособления к использованию атмосферного воздуха, как дополнительного либо единственного(в экстремальных условиях)источника кислорода. Так, илистый прыгун обитающий в болотистых эстуариях тропической зоны, подолгу находится вне воды, передвигаясь по суше с помощью грудных плавников. Органом воздушно­го дыхания у этой рыбы служит кожа. У некоторых видов рыб на базе выростов кишечника сформировались настоящие лёгкие.

**ГАЗООБМЕН В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ.** Фактором, лимитирующим газообмен в воздушной среде, оказывается сухость воздуха. Поэтому важнейшее условие - поддержание дыхательной поверхности лёгких и иных органов, выполняющих функции дыхания, во влажном состоянии.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ **К ГИПОКСИИ.** Неблагоприятные условия газового режима складываются в но­рах, дуплах, в листовой подстилке, под снегом, в верхнем поясе гор и др.Наиболее быстро в ответ на первые признаки гипоксии (например, при быстром подъёме в горах) включается механизм учащения дыхания и сердцебиения. Параллельно этим реакциям нередко наблюдается повыше­ние общей кислородной ёмкости крови путём увеличения числа эритроци­тов, а соответственно и количества гемоглобина за счёт извлечения из кровяных депо. В наиболее острых случаях при экстренном выбросе эритроцитов в кровь захватываются даже не вполне зрелые клетки.

В случаях стабильного приспособления к высокогорью повышение кислородной ёмкости обеспечивается развитием мощного миокарда.

**Контрольные вопросы:**

1. Какова биохимическая природа дыхания?
2. Каковы различия в системах дыхания у растений и животных?
3. Какова специфика газообмена у организмов в водной среде?
4. Какова специфика газообмена у организмов на суше?

СВЕТ

Свет как экологический фактор имеет важнейшее значение уже пото­му, что является источником энергии для процессов фото-синтеза, т.е. участвует в образовании органических веществ из неорганических составляющих. Он играет большую и разнообразную роль в различных жизненных процессах у животных, что определяется его физическими свойствами. Строго говоря, в экологии под термином «свет» подразумевается весь диапазон солнечного излучения, представляющий собой поток энергии в пределах длин волн от 0,05 до 3000 нм и более. Этот поток радиации распадается на несколько областей, отличающихся физическими свойст­вами и экологическим значением для живых организмов.

Биологическое действие различных участков спектра солнечного излучения.

Ионизирующее излучение(<150 нм). Биологическое действие радиации осуществляется, в основном, на субклеточном уровне (ядра, митохондрии, микросомы). Установлена зависимость этого действия от дозы облучения: при малых дозировках повреждающий эффект может сменяться стимулирующим. Известно влияние ионизирующей радиации на генетический аппарат (мутагенный эффект). Экологический аспект действия этой части спектра остаётся практически неизученным.

Ультрафиолетовые лучи (150-400 нм). Наиболее коротковолновая (200-280 нм) зона этой части спектра («ультрафиолет С») активно абсорбируется кожей; по опасности УФ-С близок к Х-лучам, но практически полностью поглощается озоновым экраном. Следующая зона - УФ-В, с длинной волны 280-320 нм - наиболее опасная часть спектра УФ, обладающая канцерогенным действием. Механизм этого действия неизвестен; предполагают влияние через нарушение молекулы ДНК. Кроме того, эти лучи инактивируют в коже клетки Лангерганса, отвечающие за её иммунитет, а также активируют некоторые микроорганизмы. Последнее свойственно только этой части спектра УФ; в других длинах волн УФ губителен для микробов. Большая часть зоны УФ-В также поглощается озоновым экраном. До поверхности Земли доходят лишь с длиной волны примерно 300 нм. Эта часть спектра обладает энергией и оказывает на живые организмы главным образом химическое действие. В частности, УФ стимулируют процессы клеточного синтеза. Показано, что облучение ультрафиолетом повышает продуктивность молодняка сельскохозяйственных животных.

Под действием этих лучей в организме синтезируется витамин D, регулирующий обмен Са и Р, а соответственно нормальный рост и развитие скелета. Поэтому многие млекопитающие, выводящие детёнышей в норах, регулярно (чаще по утрам) выносят их на освещённые солнцем места вблизи норы. «Солнечное купание» свойственно и многим птицам. Основная роль этой формы поведения - нормализация обмена, синтез витамина D и регуляция продукции меланина.

Действие УФ зависит от дозы: слишком сильное облучение вредно для организма. Особенно неустойчивы к коротковолновой радиации активно делящиеся клетки. Как приспособление к экранированию организма от передозировки УФ у многих видов формируются тёмные пигменты, поглощающие эти лучи.

Определённое значение УФ-радиация имеет и в гидросфере, проникая на глубину до 65 м.

Ультрафиолетовая радиация составляет около суммарной

радиации, достигающей поверхности Земли.

Видимый свет (400-800 НМ). Эта часть спектра составляет порядка 40-50 % солнечной энергии, достигающей Земли. Для животных видимая часть спектра связана прежде всего с ориентированием в окружающей среде. Зрительная ориентация свойственна большинству дневных животных и используется как источник Сложной информации о внешних условиях. Ослабление интенсивности света вызывает адаптивные перестройки органов зрения (у ночных форм, подземных и глубоководных организмов): редукция глаз, развитие гипертрофированных глаз, генерирование собственного светового излучения (порядка 0,1 мк Вт/кв.см).На глубине 800-950 м в океане интенсивность света составляет около1% полдневного освещения на поверхности. Этого ещё достаточно длят.к. порог зрительной чувствительности некоторых организмов приближается к 10-10 полуденного освеще-ния.

Свет как фактор фотосинтеза. В процессе фотосинтеза свет используется как источник энергии, которая используется пигментной системой (хлорофилл либо его расщепление молекулы воды с выделением газообразного кислорода, а энергия, полученная фотохимической системой, утилизируется для преобразования диоксида углерода в углеводы:

2816 кДж

6со2 = 12Н2Охлорофилл—\* С6Н12 О6= 6О2 = 6Н2О

Способность использовать лучистую энергию у хлорофилла и зрительных пигментов животных очень близка; поэтому в спектре солнечного излучения область фотосинтетической активной радиации(ФАР) практически совпадает с диапазоном видимой части спектра с длиной волны порядка 400-700 нм.

Зелёный лист поглощает в среднем 75% падающей на него лучистой энергии. Но коэффициент использования её на фотосинтез невысок: 1-10%. Остальная энергия переходит в тепловую, которая затрачивается на транспирацию и другие процессы.

Наиболее важные факторы, влияющие на уровень фотосинтеза, температура, свет, диоксид углерода и кислород.

Минимальное освещение, при котором поглощение диоксида углерода для фотосинтеза равно выделению его при дыхании, называют точкой компенсации.

Норма содержания С02 в атмосфере составляет 0,57 мг/л. Повышение концентрации до определённых пределов ведёт к усилению фотосинтеза, затем при концентрации 5-10% (против нормальной 0,013%) фотосинтез ингибируется.

СВЕТ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СЕЗОННЫХ ЯВЛЕНИЙ.

Свет представляет собой первично-периодический фактор: законо­мерная смена дня и ночи, как и сезонные изменения длины светлой части суток, происходят с жёсткой ритмичностью, которая определяется астрономическими процессами и на проявления которой не могут повлиять условия и процессы, осуществляющиеся на Земле.

В эволюции большинства групп живых организмов основное синхро­низирующее значение закрепилось за закономерными изменениями светового режима (фотопериодическая регуляция).

Режим освещения выступает в роли сигнального фактора, который определяет время начала и окончания активности. Наиболее отчётливо это проявляется в суточных ритмах жизнедеятельности организмов. В связи с сезонными изменениями длины дня у многих видов сдвигается и время активности.

В основе суточных ритмов жизнедеятельности лежат наследственно-закреплённые эндогенные циклы физиологических процессов с периодом, близким к 24 ч. Циклические процессы такого рода получили название (циркадных/от лат.Circa - около и dies - день/. В эндогенном ритме имеются две фазы длительностью около ч каждая: световая и темновая.

Природа «биологических часов», лежащих в основе эндогенных рит­мов изучена ещё недостаточно. Согласно концепции хронона(С. Ehret, 1966) материальным носителем отчёта времени служит длинная молекула

ДНК, нити которой расходятся, и на них строится информационная

(матричная) РНК, достигающая полной длины одиночной нити ДНК примерно за 24 ч. Участие нуклеиновых кислот в механизмах биологиче­ских часов подтверждается тем, что действие ультрафиолетового облуче­ния, повреждающего спирали ДНК, останавливало биологические часы или заметно сдвигало фазы циркадианного ритма.

У позвоночных животных центральная регуляция циркадных рит­мов на уровне целого организма связывается с промежуточным мозгом.

Полагают, что высший уровень биологических часов, регулирующих на основе обратной связи ритмы, локализован в гипоталамусе и функционирует по принципу мембранной модели, тогда как клеточные циклы осуществляются на основе модели хронона. Гипоталамическая регуляция реализуется нейросекре-торной системой и связана с участием гуморальных механизмов. Предполагается также существенная роль эпифиза в генерации и регуляции циркадианных ритмов у позвоночных животных.

Сезонные ритмы. Большинство организмов, обитающих в условиях сезонной смены климатических режимов, характеризуется наличием периодических сезонных процессов, охватывающих комплекс физиологи­ческих систем и обеспечивающих биологически значимые изменения форм деятельности. У растений это связано с сезонным характером репродук­ции, определёнными сроками образования семян, формированием клубней и других форм запасания питательных веществ перед зимой, обеспечи­вающих начало активной вегетации на следующий год, и т.д.

Годовые (цирканнуальные или циркадные circa - около, an­nus - год.) ритмы. В них заложен механизм свободно текущей временной программы и контроль со стороны естественного режима освещения.

У позвоночных животных центральные механизмы, регулиру-ющие сезонные состояния в экологически оправданные сроки, также связывают с промежуточным мозгом, в частности с системой гипоталамус-гипофиз. В гипоталамусе сконцентрированы механизмы автономного отсчёта времени, а также размещены группы нейросекреторных клеток, функционирование которых изменяется в порядке реакции на динамику фотопериода.

Таким образом, на уровне гипоталамических структур осуществляется вызванная изменениями фотопериода «подстройка» ритмики. Связанные с сезонной периодичностью физиологические процессы регулируются с помощью гормонов, продукция которых, в свою очередь, находится под контролем нейросекреторной системы.

В целом фотопериодическая регуляция сезонных циклов у позвоноч­ных животных основывается на системе фазовых взаимодействий их суточных ритмов.

Годовой цикл жизнедеятельности представляет собой систему сме­няющих друг друга сезонных физиологических состояний. Регуляция их на протяжении годового цикла важна не только в плане приуроченности каждого процесса к экологически оправданному сезону, но и в плане упорядоченного распределения физиологических состояний во времени. Это важно, так как совмещение энергоёмких процессов биологически невыгодно (миграция, размножение, линька и др.). Кроме того, некоторые сезонные состояния физиологически несовместимы, и «настройка» организма на одно из них может прямо препятствовать проявлению другого.

Фотосинтез, в результате которого в листьях и других зеленых органах растений образуется первичное органическое вещество, происходит только на свету. Человеческий глаз воспринимает солнечные лучи с длиной волны от 380 до 750 нм. Область солнечного света, используемого растениями при фотосинтезе, лежит в пределах от 380 до 710 нм. С помощью света организмы ориентируются во времени и в пространстве и в соответствии с изменениями светового режима перестраивают свои функции и поведение.

По отношению к свету различают три основные группы растений: светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые. У светолюбивых растений экологический оптимум фотосинтеза находится в области полного солнечного освещения, и сильное затенение действует на них угнетающе. К ним относятся растения хорошо освещенных местообитаний (степные и луговые травы, прибрежные и водные растения с плавающими листьями), большинство культурных растений и сорняков. Теплолюбивые растения имеют opt в области слабой освещенности и не выносят сильного света. К ним относятся виды сильно затененных местообитаний нижних ярусов сложных растительных сообществ: таежных ельников, лесостепных дубрав, тропических лесов. Теневыносливые растения имеют широкую экологическую амплитуду по отношению к свету. Они хорошо развиваются при полной освещенности (или близкой к ней), но хорошо адаптируются и к слабому свету.

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте характеристику света как экологического фактора
2. Каково биологическое действие различных участков спектра солнеч­ного излучения?
3. В чём проявляется фотопериодизм растений и животных?

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ**

Многие процессы, протекающие в природе, характеризуются правильной повторяемостью – ритмичностью (смена светлой и темной части суток, чередование времени года, подъем тех или иных форм активности растений и животных и следующий за ними спад). Периодические явления в живой природе связаны с ритмичностью во внешней среде. Различают три категории биологических ритмов: циркадные, сезонные и многолетние.

Циркадные ритмы – с длиной периода около 24 часов широко распространены в природе (суточная активность растений и животных). Так, активная жизнь большинства птиц и млекопи-тающих начинается с восходом солнца и продолжается до сумерек. В противоположность им животные с ночным образом жизни (хищные птицы, тараканы, большинство животных пустынь) активны ночью. Ночной образ жизни возник, как приспособление к более благоприятным температурным условиям и как способ защиты от хищников, конкурентов. В качестве примера периодичности суточной активности растений можно назвать движение листьев у некоторых бобовых. У фасоли листья складываются и повисают, у многих растений цветы закрываются на ночь.

Динамика интенсивности света в отличие от динамики tо и влажности не зависит от других факторов и имеет четкую периодичность в течение суток.

У сезонных ритмов продолжительность периода – год, поэтому их иногда называют циркадными. Сезонные ритмы сложились в результате эволюционного развития организмов, как приспособление к времени года. Летом, в отличие от зимы, складываются благоприятные для жизнедеятельности организмов условия. Экзогенным сигналом, оповещающим о начале той или иной фазы, является продолжительность светлой части суток. Длинный день означает начало благоприятной фазы, короткий – неблагоприятный.

В процессе жизнедеятельности организмы непрерывно теряют воду в результате транспирации, дыхания, в выделениях и т.п. Для нормального существования организмов потери воды должны непрерывно пополняться. В процессе исторического развития у растений и животных выработались различные приспособления к добыванию воды и экономичному ее расходованию. Различия видов по потребности в воде определяют географическое их распространение и распределение по экотопам.

Потребности организмов в воде удовлетворяются за счет почвенной и атмосферной воды. Основным источником воды в почве и в воздухе являются атмосферные осадки. Области, в которых годовая испаряемость (испарение с открытой водной поверхности) превышает годовую сумму осадков, относят к аридным (сухим); здесь растения и животные испытывают недостаток влаги, области, где осадки преобладают над испаряемостью, называются влажными (гумидными). Переходные области называются полузасушливыми, засушливыми и крайне засушливыми.

Большая часть растений и наземных животных не могут использовать воду, содержащуюся в воздухе в виде водяного пара, так как их тело изолировано от внешней среды различного рода покровами (кутикула, эпидермис, корка, пробка, кожный покров), которые защищают его от потери воды. Почвенная среда более влажная по сравнению с воздушной, поэтому большинство обитателей почвы лишено твердых покровов, и почвенная влага свободно проникает внутрь их тела через поверхность. Однако и у наземных организмов в наружных покровах имеются различные отверстия (поры, устьица), через которые происходит газообмен и транспирация. Влажность воздуха оказывает непосредственное влияние на транспирацию растений и потоотделение животных. Чем суше воздух, тем больше теряет воды организм через испарение. При этом понижается температура тела. Однако интенсивность испарения не может возрастать беспредельно, т.к. запасы воды в среде обитания и в теле организмов ограничены.В зависимости от потребностей в воде и в связи с этим по приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения и от наличия соответствующих приспособлений организмы делятся на 4 основные группы: 1) водные (растения-гидрофиты, животные гидрофилы); 2) избыточно увлажненных местообитаний (гигрофиты, гигрофилы); 3) средних условий увлажнения (мезофиты, мезофилы); 4) сухих условий увлажнения (ксерофиты, ксерофилы).Водные организмы постоянно живут в воде (кувшинки, рдесты, водоросли; гидрофилы – ракообразные, рыбы, морские млекопитающие).Гигрофиты и гигрофилы не имеют приспособлений, ограничивающих расход вода, и неспособны выносить даже незначительную их потерю. К гигрофитам относятся травянистые растения и эпифиты влажных, тропических лесов, темнохвойных лесов, растущие на хорошо освещенных местообитаниях, но в условиях избытка почвенной влаги – из культурных растений – рис. Гигрофилы – большинство взрослых особей амфибий, многие брюхоногие моллюски, дождевые черви и др.Ксерофиты и ксерофилы хорошо переносят недостаток влаги и имеют разнообразные морфолого-анатомические и физиологические приспособления к добыванию и сохранению воды в организме. Ксерофитами являются пустынные и степные растения: многие виды рептилий, млекопитающих и насекомых. Мезофиты отличаются умеренной потребностью к воде и влажности воздуха. Они способны легко переносить смену сухого и влажного сезонов. К ним относятся: растения лугов, травяного покрова леса, кустарниковые и древесные породы из области умеренного климата, большинство культурных растений (хлебные злаки, овощные, плодово-ягодные), животные умеренного пояса. Основными наиболее различающимися между собой водными биотопами являются толща воды – пелагиаль и дно водоемов – бенталь. Пелагические формы организмов представлены планктоном (парящие) и нектоном (плавающие формы). Планктон - водоросли, простейшие, коловратки, рачки и другие. Нектон – рыбы, головоногие моллюски, китообразные, ластоногие, черепахи, морские звезды и другие. Бентосные организмы делятся на: сидячие и подвижные. Сидячие - губки, кишечнополостные, иглокожие. Подвижные - плавающие (камбалы, скаты, ряд беспозвоночных), передвигающиеся по дну (крабы, черви), свободно лежачие (некоторые моллюски).

**Контрольные вопросы:**

1. На какие экологические группы делятся живые организмы по отношению к: а) солнечному свету; б) температуре; в) воде. Дайте характеристику этих групп.
2. Какие приспособления к экстремальным температурам имеются у пойкилотермных и гомойотермных организмов?
3. Приведите примеры эвритермных и стенотермных организмов.
4. Какое значение имеет вода в жизни живых организмов?
5. Какие типичные живые организмы встречаются в пустынях? Каковы их приспособления к жизни в условиях дефицита воды?
6. Какие приспособления выработались у планктонных организмов к парению в воде?
7. Какое значение имеет свет в жизни живых организмов?
8. Почему живые организмы не испытывают губительного действия ультрафиолетовых излучений?
9. Чем объясняется ритмичность жизненных процессов?
10. Как вы думаете, почему многие растения тропического леса чувствительны даже к небольшим изменениям длины дня?
11. Приведите примеры циркадных, сезонных и многолетних биологических ритмов и животных, и растений.

**ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АДАПТАЦИИ НА УРОВНЕ ОРГАНИЗМА**

Правило оптимума. Количественное выражение (доза, интенсивность воздействия) фактора, соответствующее потребностям организма и обеспечивающее наиболее благоприятные условия для его жизни, рассматривают как оптимальное

На шкале количественных изменений фактора диапазон колебаний, соответствующий указанным условиям составляет зону оптимума (рис.4). Зоны количественного выражения фактора, откло­няющегося от оптимума, но не нарушающего жизнедеятельность организ­ма, определяются как зоны нормы. Дальнейший сдвиг в сторону недостат­ка или избытка фактора неизбежно снижает эффективность действия адаптивных механизмов. Это состояние соответствует зоне пессимума. Наконец, за пределами этих зон жизнь невозможна.

Размах фактора определяется как экологическая валентность вида по данному фактору.

Виды, переносящие большие отклонения фактора от оптимальных величин, обозначаются термином, содержащим название фактора с приставкой эвриот(широкий). Виды, малоустойчивые к изменениям фактора, обозначаются термином с тем же корнем, с приставкой стенобиотные(от греч. stenos - узкий). Отсюда, эвритермные и стенотермные, формы; и в целом (по отношению к комплексу факторов) эври- стеноксибионтные формы.



нп

НЗР

А БП

БПтах

БПвк

БПнк

Рис.4 Область экологической потенции вида в градиенте

фактора среды.

гф

На оси абсцисс - градиент значений фактора среды (ГФ), например, температуры;

На оси ординат - значения биотического потенциала вида (БП) /численность, размножаемость, расселение и т.п./. НП-нижний пессимум нарушений жизнедеятельности низким значением (недостатком) фактора; НК - нижняя критическая точка; НЗР и ВЗР - соответственно нижняя и верхняя зоны регуляции, в пределах которых, несмотря на отклонение фактора от оптимальных значений, за счёт механизма экологической регуляции поддерживается нормальная жизнеспособность вида; В К - верхняя критическая точка; ВП - верхний пессимум - зона нарушения жизнедеятельности высоким значением (избытком) фактора (по т.а. Акимовой, в.в. Хаскину,1994).

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ. ПРАВИЛО МИНИМУМА.

Совокупное действие на организм нескольких факторов среды обозначают термином «констелляция»В этом случае между факторами устанавливается взаимодействие, приводящее к изме-нению характера и степени влияния отдельных факторов.

Модифицирующие факторы–факторы, которые не участвуют прямо в физиологических процессах, но существенно изменяют воздействие других факторов, имеющих к этим процессам прямое отношение (ветер,

течение, осадки, снежный покров).

Лимитирующие факторы«Тот из необходимых факторов среды определяет плотность популяции данного вида живых существ,.. который действует на стадию развития, имеющую наименьшую экологическую валентность, притом действует в количестве или интенсивности, наиболее далёких от оптимума» (A.Thienemann, 1939).

Правило двух уровней адаптации

Гомеостаз – это состояние динамического равновесия организма со средой, при котором организм сохраняет свои свойства и способность к осуществлению жизненных функций на фоне меняющихся внешних условий.

Это состояние достигается в результате функционирования двух ге­неральных адаптивных систем, действующих на основе различных принципов.

Адаптивные механизмы можно разделить на две группы:

1. Механизмы, обеспечивающие адаптивный характер общего уровня стабилизации отдельных функциональны систем и организма в целом по отношению к наиболее генерализованным и устойчивым параметрам среды обитания.

2. Лабильные реакции, поддерживающие относительное постоянство общего уровня стабилизации путём включения адаптивных функциональ­ных реакций при отклонении конкретных условий среды от средних характеристик.

Эти две системы, два уровня адаптации действуют совместно, и их взаимодействие обеспечивает точную «подгонку» функций организма конкретному состоянию факторов, а в конечном итоге – устойчивое его существование в условиях сложной динамичной среды.

ОБЩИЕ ЗАКОНЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМ – СРЕДА

* Закон единства организм - среда
* Принцип экологического соответствия
* Правило соответствия условий среды генетической предопределённо­сти организма
* Закон максимума биогенной энергии (энтропии) В.И. Вернад-ского-Э.С. Бауэра
* Закон давления среды жизни, или закон ограниченного роста

Ч. Дарвина

* Закон совокупного действия факторов Э. Митчерлиха - Б.Бауле
* Закон ограничивающих (лимитирующих) факторов Ф. Блэкмана
* Закон толерантности В. Шелфорда
* Закон равнозначности всех условий жизни
* Частные закономерности в системе «организм - среда»
* Закон(ы) минимума Ю.Либиха
* Правило взаимодействия факторов

• Закон (эффект) компенсации (взаимозаменяемости) факторов

Э. Рюбеля

* Правило замещения экологических условий В.В. Алёхина
* Закон незаменимости фундаментальных факторов Вильямса
* Закон "всё или ничего"

**Контрольные вопросы:**

1.Раскройте содержание понятия экологической валентности

2.Какова роль модифицирующих факторов?

3.Что такое лимитирующие факторы?

4.Поясните определение правила двух уровней адаптации.

**РАЗДЕЛ Ш. ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ – СИНЭКОЛОГИЯ**

**Межвидовые взаимоотношения.** В природе популяции не существуют изолированно друг от друга, а вступают в самые разнообразные отношения и находятся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости. Группировки совместно обитающих и взаимно связанных организмов называются сообществом живых организмов. Специалисты подсчитали, что если в сообществе около 1000 видов, то число связей между ними теоретически может достигнуть 500 тысяч. На самом же деле многие сообщества богаче видами, например, сообщество живых организмов Онежского озера насчитывает более 2000 видов, а Азовского моря – 10 000 видов и т.д., поэтому очень сложно выделить все взаимосвязи живых организмов в сообществе. Самая обычная зависимость одного вида от другого проявляется в том, что один вид служит пищей другому. Однако существуют и более тонкие формы зависимости. Е. Хаскель в 1947 году предложил разделить все межвидовые взаимоотношения на три группы: ***нейтральные, отрицательные и положительные.***



*Рис.5 Межвидовые взаимоотношения*

К *нейтральным* отношениям относится ***нейтрализм****. Нейтрализм* – это такая форма биотических отношений, при которой сожительство двух видов на одной территории не влечет для них ни положительных, ни отрицательных последствий. При нейтрализме виды не связаны друг с другом непосредственно, но зависят от состояния сообщества в целом. Например, белки и лоси, обитая в одном лесу, практически не контактируют друг с другом. Отношения типа нейтрализма особенно развиты в насыщенных видами сообществах.

К отрицательным взаимоотношениям относятся: **конкуренция, хищничество и паразитизм, антибиоз и аллелопатия.**



*Рис.6, а) Конкуренция между организмами*

***Конкуренция*** – это взаимоотношения, возникающие между видами со сходными экологическим потребностями. Когда такие виды обитают совместно, каждый из них находится в невыгодном положении, так как это уменьшает возможности в овладении пищевыми ресурсами, убежищами и другими ресурсами, которыми располагает местообитание. Конкуренция – единственная форма экологических отношений, отрицательно складывающаяся на обоих взаимодействующих партнерах. Экспериментально исследовал конкурентные взаимодействия инфузорий Paramecium aurelia и P. Сaudatum Г.Ф. Гаузе в 1934 году.

*Рис. 6*

*б) Конкурентные взаимодействия между организмами*

Он наблюдал за изменением численности популяций двух различных видов туфелек инфузорий: Paramecium aurelia и Paramecium caudatum, которые при раздельном выращивании прекрасно размножаются и рост их численности происходил в соответствии с логистической кривой. Пищей обоим видам служили бактерии, которые вносились в питательную среду через определенные промежутки времени. Однако, когда оба эти вида выращивали совместно, то через 16 суток в ней обнаруживалась только Р.aurelia, которая, как оказалось, отличается более высокой скоростью размножения, в результате чего побеждала Р.caudatum в конкуренции за пищу. В другом опыте Р.caudatum и P.bursaria, совместно выращиваемые в одной культуре, смогли выжить и достигнуть устойчивого равновесия, несмотря на то, что они потребляют одну и ту же пищу. Оказалось, что особи этих видов имеют различные зоны обитания: P.caudatum занимает преимущественно толщу воды, а P.bursaria – в придонном слое, вследствие чего, несмотря на одинаковую пищу, обе популяции выжили.

Закономерность, установленная Г.Ф.Гаузе, называется прин-ципом **конкурентного исключения**: Если две популяции близкородственных видов пользуются одним и тем же количественно ограниченным и лимитирующим ресурсом в одном и том же месте, в одно и то же время, то один вид, в конечном счете, вытесняет другой.

Для определения статуса организма в природном сообществе мы должны располагать некоторыми сведениями о его активности, в частности, о питании, источниках энергии и путях ее распределения; нужно, кроме того, знать соответствующие популяционные параметры. Такие, как внутренняя скорость роста, приспособленность и т.д. и, наконец, нужно знать о влиянии данного организма на другие организмы, с которыми он взаимодействует, и о той степени, в какой он взаимодействует или может взаимодействовать и отвечать на важные события в экосистеме.

***Хищничество***– такой тип межвидовых взаимодействий, при котором один организм (хищник) ловит, убивает и поедает добычу (жертву).







*Рис.7. Взаимоотношения «хищник-жертва»*

Хищничество хорошо известно в природе. Оно встречается практически среди всех типов животных, а также грибов и насекомоядных растений. В системе хищник – жертва партнеры взаимно приспособлены друг к другу. У хищника в процессе эволюции развиваются приспособления для ловли и умерщвления жертвы: острое зрение и быстрота реакции, мощные клыки и т.д., приспособлениями жертв к избежанию хищника являются быстрый бег, покровительственная окраска, мимикрия и т.д. Значение хищничества в сообществе заключается, главным образом, в регуляции численности популяции жертв.

Хищники снижают напряженность конкуренции среди разных видов жертв, поэтому хищники способствуют сохранению видового разнообразия жертв и являются регуляторами их численности.

Паразитизмом называются межвидовые взаимодействия, при которых один организм (паразит) живет на поверхности или внутри тела другого (хозяина) и питается за его счет.

*Рис.8. Взаимоотношения «паразит-хозяйн»*

Примерами паразитов могут служить: бычий и свиной цепень, аскарида, острица, вши и др. Паразиты отличаются от хищника более мелкими размерами и высокой степенью размножения и тем, что хозяина не сразу убивают или совсем не убивают. Паразитизм может носить временный характер, когда паразиты нападают на хозяина лишь для питания (клещи). С хищничеством и паразитизмом связан биологический метод борьбы, который заключается в размножении и расселении таких насекомых, как наездники, божья коровка, трихограммы, а также патогенных микроорганизмов, грибов и вирусов.

***Антибиоз*** – тип взаимодействия между популяциями или отдельными особями, когда один партнер выделяет вещество, вредно действующее на конкурента. Примером может служить взаимодействие гриба Penicillium с бактериями. Penicillium выделяет антибиотик пенициллин, убивающий бактерии.

Одной из форм антибиоза является **аллелопатия**, под которой подразумевают прямое или косвенное “вредное” влияние одних растений и микроорганизмов на другие через выделение в окружающую среду различных токсических химических соединений. Например, хвойные выделяют особые вещества – фитонциды, которые убивают многие микроорганизмы, поэтому врачи рекомендуют людям с заболеваниями органов дыхания санаторно-курортное лечение в хвойных лесах. Многие семена, листья, кора и цветы растений выделяют особые вещества, препятствующие прорастанию семян других видов. Под грецким орехом и рядом с ним не произрастают травянистые растения, что связано с тем, что листья этого дерева вырабатывают фенольные соединения юглона, угнетающие рост и развитие других растений.

*К положительным взаимодействиям относятся –****комменса-лизм, протокооперацияи, мутуализм*.**

***Комменсализмом*** называется тип взаимоотношений, при котором популяция комменсала получает пользу, а для популяции хозяина присутствие комменсала не имеет значения. Другими словами – комменсализм – одностороннее использование одного вида другим без нанесения ему вреда. Примерами этих взаимоотношений могут служить *акула и рыба-прилипала.* Рыба-прилипала не может плавать с большой скоростью, поэтому она с помощью присосок прикрепляется к акуле и вместе с ней передвигается на большие расстояния. Акуле же эти отношения не приносят ни вреда, ни пользы; *львы и гиены* (гиены сопровождают львов и питаются остатками их пищи. Н*екоторые виды рыб находят защиту между щупальцами медуз*.

***Протокооперация***– такой тип взаимодействия между видами, при котором оба вида получают пользу, но эти взаимоотношения необязательны. Примером этих взаимоотношений могут служить: актиния и рак-отшельник (актиния ведет малоподвижный образ жизни, а рак-отшельник сажает актинию на раковину и возит ее на себе). Актиния же стрекательными нитями, с одной стороны, отпугивает врагов, а, с другой стороны убивает мелких животных, которые служат ей пищей, а остатками этой пищи питается рак-отшельник. Но рак-отшельник и актиния могут жить независимо друг от друга.

***Мутуализм*** – такой тип взаимодействия между видами, при котором оба вида получают пользу, и эти взаимоотношения **обязательны** (облигатны) для обоих партнеров.



*Рис.9.Симбиоз между организмами (по КрикуновуE,A. 1995)*

Наиболее важные мутуалистические системы возникают между автотрофами и гетеротрофами. Примерами мутуализма могут служить: лишайник (состоит из грибов и одноклеточных водорослей).

Через гифы грибов поступает вода с растворенными в ней минеральными солями, а водоросли синтезируют органические вещества. Отдельно друг от друга эти виды водорослей и грибов существовать не могут. Другим примером мутуализма может служить взаимоотношение между термитами и обитающими у них в кишечнике жгутиковыми. Термиты питаются древесиной, но переваривать самостоятельно ее не могут, однако жгутиковые могут перерабатывать заглатываемую термитами древесину. Впервые этот случай мутуализма был исследован Кливлендом (1924, 1926). Положительные взаимодействия видов широко распространены в природе. Эти отношения способствуют выживанию различных видов, образующих сообщество.

Необходимо отметить, что, чем разнообразнее и прочнее связи, поддерживающие совместное обитание видов, тем устойчивее их сожительство.

**Экологические ниши**. Термин «экологическая ниша» был введен американским зоологом Дж. Гринеллом (1917) и уточнен английским экологом Ч. Элтоном (1927). При этом Дж. Гринелл уделял большое внимание чисто пространственному распределению видов относительно друг друга, а Элтон – положению вида в цепях питания. Толчком к дальнейшему развитию представлений о нише и межвидовой конкуренции послужили работы Дж. Хатчинсона (1957, 1965), в которых была предложена модель многомерного пространства.

Экологическая ниша – это область таких комбинаций, значений различных факторов среды, в пределах которых данный вид может существовать неограниченное время. Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, когда вид не ограничен конкуренцией с другими видами, Хатчинсон назвал **фундаментальной,** а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе – **реализованной**. Реализованная ниша всегда меньше фундаментальной из-за наличия отрицательных биотических воздействий (хищничество, конкуренция и др.), приводящих к тому, что в некоторых местообитаниях данный вид не может существовать.

Если же два близких вида сосуществуют в состоянии устойчивого равновесия, то они должны быть экологически неравноценны. Иначе говоря, два вида не могут занимать одну и те же экологическую нишу. Что же такое экологическая ниша?

*Положение, которое занимает организм в сообществе, его связи с местообитанием, его пища, партнеры, враги, воздействие на другие организмы и окружающую среду – все это вместе взятое и называется* ***экологической нишей***. Проще говоря, это положение вида и его функциональная роль в сообществе живых организмов. Экологическую нишу не следует путать с местообитанием. Местообитание – это часть пространства, которая заселена видом и которая обладает необходимыми абиотическими условиями для его существования. Другими словами, если местообитание вида его адрес, то экологическая ниша – его профессия или образ жизни. Экологическая ниша – характеристика всех сторон образа жизни данного вида. Рассмотрим экологическую нишу Малого суслика (Cynomus pygmaeus), обитающего в степях и полупустынях Казахстана, где жаркий и сухой климат. Это травоядное животное. Питается, в основном, злаковыми растениями, что является одним из основных регуляторов их численности. Суслик изменяет характер почвы, вытаптывая ее и роя в ней норы. Он выделяет экскременты, которые удобряют почву. Суслик служит пищей для ястребов, лисиц и т.п., любое взаимодействие суслика с окружающей средой составляет часть его экологической ниши и определяет, в каких местах он может жить и какие организмы могут с ним сосуществовать. Это все и составляет его экологическую нишу.

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные типы межвидовых взаимоотношений. Приведите примеры
2. Каковы характерные особенности симбиотических взаимоотно-шений в сообществе по сравнению с другими их видами?
3. Как используется мутуализм растений с азотофиксирующими бактериями в практике сельского хозяйства?
4. В каких случаях хищничество может приводить к снижению разнообразия сообществ, а в каких – к возрастанию разнообразия?
5. Чем отличается паразитизм от хищничества?
6. Приведите примеры, когда между двумя видами существуют несколько разных типов связей.
7. Дайте определение принципа конкурентного исключения. Поясните его экологический смысл.
8. В чём отличие реализованной экологической ниши от фундаментальной?
9. Как вы думаете, по каким причинам реализованная экологическая ниша вида становится меньше, чем фундаментальная ниша?
10. Может ли конкуренция между двумя видами оказать влияние на третий вид, не конкурирующий ни с одним из первых двух?
11. Дайте определение понятий «антибиоз» и «аллелопатия». Приведите примеры.

**РАЗДЕЛ IV. УЧЕНИЕ О БИОЦЕНОЗАХ И ЭКОСИСТЕМАХ (БИОЦЕНОЛОГИЯ)**

В природе популяции разных видов объединяются в системы более высокого ранга сообщества. Наименьшей единицей, к которой может быть применен термин сообщество является **биоценоз**. Термин «биоценоз» предложен немецким зоологом Мебиусом в 1877 году.

**Биоценоз** – это совокупность всех популяций биологических видов, принимающих участие в функционировании данной эко-системы, следовательно, в биоценоз включаются не только виды растений, животных и микроорганизмов, постоянно обитающих в рассматриваемой экосистеме, но и виды, проводящие в ней только часть своего жизненного цикла, но оказывающих существенное воздействие на жизнь экосистемы. Например, многие насекомые размножаются в водоемах, где служат мощным источников питания рыб и др. животных, а во взрослом состоянии ведут наземный образ жизни, т.е., выступают, как элементы сухопутных биоценозов. Масштабы биоценозов различны – от сообществ, т.е., поселения нор, муравейников, листвы деревьев до поселения целых лесов, степей, пустынь. Различают фитоценозы, микоценозы, зооценозы.

Сообщества непрерывно сменяются. Перемена, при которой одно сообщество сменяется другим, и которое протекает закономерно последовательно, называется **сукцессией**. Сукцессии в природе чрезвычайно разномасштабные. Их можно наблюдать в лужах и прудах, на выветривающихся скалах и заброшенных пашнях, болотах и т.д. Сукцессии со сменой растительности могут быть первичными и вторичными. **Первичные сукцессии** начинаются на полностью лишенных жизни местах – скалах, обрывах, сыпучих песках и т.п., при заселении таких участков живые организмы необратимо меняют свое местообитание и сменяют друг друга.



*Рис.10. Изменения общей продуктивности в ходе*

*типичной сукцессии*

**Вторичные сукцессии** начинаются в том случае, если в уже сложившихся сообществах нарушены установившиеся связи организмов. Тогда происходят стихийные или внезапные смены. Внезапные смены происходят под влиянием катастрофических воздействий природного и антропогенного характера (наводнения, пожары, вырубка лесов и т.п.). Каждая такая смена начинается гибелью видов, характерных для данного сообщества, затем происходит постепенное восстановление видового состава этого сообщества. В любой сукцессионной серии темпы происходящих изменений постепенно замедляются, конечным итогом обычно является формирование относительно устойчивой стадии – **климаксового** сообщества.

Понятие «биоценоз» неотделимо от понятия «биотопа». Участок относительно однородной абиотической среды, которую занимает биоценоз, называют **биотопом**. Биоценоз + биотоп = экосистема.

**ЭКОСИСТЕМЫ. ИХ СТРУКТУРНАЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ**

Как уже отмечалось, четкого общепринятого определения экосистемы не существует, но, как отмечал Гиляров М.С., экосистемой считается совокупность разных, обитающих вместе организмов, а также физических и химических компонентов среды, необходимых для их существования или являющихся продуктами их жизнедеятельности, или средой их обитания.

Реймерс Н.Ф. характеризует экосистему, как особое сообщество живых существ и среды его обитания, объединенные в единое функциональное целое, возникающее на основе взаимозависимости и причинно-следственных связей, существующих между отдельными экологическими компонентами.

По Одуму любая единица (биосистема), включающая все совместно функционирующие организмы (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот веществ между живой и неживой частями, представляет собой экосистему. Экосистема – основная функциональная единица в экологии, поскольку в нее входят и организмы, и неживая среда – компоненты взаимно влияющие на свойства друг друга и необходимые для поддержания жизни в той форме, которая существует на Земле. Экосистемы представляют собой открытые системы, т.е., постоянно находящиеся во взаимодействии с окружающей её средой (пространством). Поэтому по современным представлениям экосистема – открытая, саморегулирующаяся, термодинамическая система, являющаяся основной функциональной единицей биосферы.

Термин «экосистема» впервые был предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли, но, естественно, само представление об экосистеме возникло значительно раньше. Так, немецкий ученый К. Мебиус писал в 1877 году о сообществе организмов на устричной банке, как «биоценозе». Американский биолог С. Форбс в 1887 г. опубликовал свой классический труд об озере, как «микрокосме». В.Н.Сукачев ввел более широкое определение **«биогеоценоз».** На рубеже XIX и XX вв. биологи стали серьезно рассматривать идею о том, что природа функционирует, как целостная система, независимо от того, о какой среде идет речь: пресноводной, наземной или морской. Компоненты и процессы, обеспечивающие функцио-нирование экосистем, состоят из трех основных компонентов – сообществ, потока энергии и круговорота веществ. Поток энергии направлен в одну сторону: часть поступающей солнечной энергии преобразуется сообществом и переходит на качественно более высокую ступень, трансформируясь в органическое вещество, представляющее собой более концентрированную форму энергии, чем солнечный свет. Но большая часть энергии деградирует, проходит через систему и покидает ее в виде тепловой энергии. Энергия может накапливаться, затем снова высвобождаться или экспортироваться, но ее нельзя использовать вторично. В отличие от энергии элементы питания, в том числе и химические элементы (C, N, P и др.), и вода могут использоваться многократно, т.е., совершать круговорот.

**Структура экосистемы.** С точки зрения трофической структуры экосистему можно разделить на два уровня: первый – **автотрофный,** (самостоятельно питающийся) включающий растения, содержащие хлорофилл, где преобладает фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений и накопление сложных органических соединений; второй - **гетеротрофный** (питающийся разными), для которого характерны утилизация, перестройка и разложение сложных органических веществ.

С биологической точки зрения в составе экосистемы удобно выделять следующие компоненты:

1. неорганические вещества (C, N, O2,H2O и др.), включающиеся в круговорот;
2. органические соединения (белки, углеводы, липиды и т.д.), связывающие биотическую и абиотическую части;
3. воздушную, водную и субстратную среды, включающие климатический режим и другие физические факторы;
4. продуцентов, автотрофные организмы, в основном, зеленые растения;
5. макроконсументов или фаготрофов, гетеротрофных организмов, в основном, животных, питающихся другими организмами или частицами органического вещества;
6. микроконсументов, сапротрофов, деструкторов или осмотрофов – гетеротрофных организмов, в основном, бактерий, грибов, которые разрушают сложные соединения мертвых тканей, поглощают некоторые продукты разложения и высвобождают неорганические вещества, пригодные для использования продуцентами, а также органические вещества, способные служить источником энергии, ингибиторами или стимуляторами для других биотических экосистем.



*Рис.11. Общая структура наземной и водной эеосистем*

*(по Ю.Одуму, 1086)*

Один из лучших способов начать изучение экологии – исследовать небольшой пруд, луг, на примере которых удобно проанализировать основные черты экосистем и сравнивать природу водных и наземных экосистем.

Например: основными компонентами водной системы будут следующие:

1. **Абиотические вещества**. Это основные органические и неорганические соединения – вода, двуокись углерода, соли Са, N, Р, аминокислоты, гуминовые кислоты и т.д. Небольшая часть необходимых для жизни элементов питания находится в растворе и непосредственно доступна организмам, но значительно большее их количество заключено в продуктах разрушения, а также в самих организмах. Скорость перехода питательных веществ в раствор, поступление солнечной энергии, температурные циклы, длина дня и другие климатические условия – самые важные переменные, ежедневно регулирующие интенсивность функционирования всей экосистемы.
2. **Продуценты**. Продуценты в пруду могут быть двух главных типов: 1) укореняющиеся или крупные плавающие растения, обычно встречающиеся на мелководье (макрофиты); 2) мелкие плавающие растения, обычно водоросли – фитопланктон, которые распространены в толще воды на глубину проникновения света. При изобилии фитопланктона вода приобретает зеленоватый цвет, в других случаях продуценты незаметны случайному наблюдателю и неспециалист не подозревает об их присутствии. Тем не менее, в больших глубоких прудах и озерах (а также и в океане) фитопланктон играет большую роль, чем прикрепленные растения.
3. **Макроконсументы**. К этой группе относятся личинки насекомых, ракообразные, рыбы. Первичные макроконсументы (растительноядные) питаются непосредственно живыми растениями или растительными остатками и подразделяются на два типа: зоопланктон (животный планктон) и бентос (донные формы). Вторичные консументы (плотоядные), такие, как хищные насекомые и хищные рыбы, питаются первичными консументами, друг другом или другими вторичными консументами (становясь при этом третичными консументами). Еще один важный тип консументов – детритофаги, которые существуют за счет «дождя» органического детрита, падающего вниз из автотрофных ярусов.
4. **Сапротрофные организмы**. Водные бактерии, жгутиковые и грибы распространены в пруду повсеместно, но особенно они обильны на дне, на границе между водой и илом, где накапливаются мертвые растения и животные. Некоторые грибы и бактерии являются патогенными, поражают живые организмы, вызывая у них болезни, однако огромное большинство их населяются на организмах лишь после их смерти. При благоприятных температурных условиях разложение в водной массе идет быстро: мертвые организмы сохраняются недолго и вскоре расчленяются на части, потребляемые детритофагами и микроорганизмами, а содержащиеся в них питательные вещества высвобождаются для повторного использования.

Если мы будем рассматривать наземную экосистему, например, луг, который совершенно непохож на пруд, оба эти типа экосистем имеют одну и ту же основную структуру, и как экосистемы функционируют одинаковым образом. Конечно, на суше обитают иные виды, чем в воде, но их можно подразделить на такие же экологические группы. Среди продуцентов преобладают укорененные растения (травянистые, цветковые), но на почве, камнях, стеблях высших растений встречаются мелкие фотосинтезирующие организмы, такие, как водоросли, мхи и лишайники. Там, где эти субстраты увлажнены и освещены, микропродуценты вносят значительный вклад в органическую продукцию. В лугопастбищной экосистеме растительноядные животные также делятся на 2 различные группы: мелкие, растительноядные насекомые и другие беспозвоночные, и крупные, травоядные грызуны и копытные млекопитающие. Вторичные консументы, хищные насекомые, пауки, птицы и млекопитающие, питаются преимущественно первичнымиконсументами.

**Классификация экосистем.** Экосистемы можно классифи-цировать по их функциональному или структурным признакам, т.е., по изучению строения экосистем и изучению происходящих процессов. Примером функциональной классификации – деление, основанное на количестве и качестве поступающей энергии. Широко используется классификация по биомам. **Биом** означает крупную региональную или субконтинентальную биосистему, характеризую-щуюся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта. Самая крупная и наиболее близкая к идеалу в смысле «самообеспечения» биологическая система – это биосфера. Она включает все живые организмы Земли, как единое целое, чтобы поддерживать эту систему в состоянии устойчивого равновесия, получая поток энергии от Солнца, и переизлучая эту энергию в космическое пространство.

И все-таки количество энергии – прекрасная основа для функциональной классификации, поскольку это главный общий показатель всех экосистем.

**Основные типы биомов Земли по Одуму**:

**Наземные биомы:**

1. Тундра: арктическая и альпийская.
2. Бореальные хвойные леса (тайга).
3. Листопадный лес умеренной зоны.
4. Степи умеренной зоны.
5. Тропические степи и саванна.
6. Чапарель.
7. Пустыни: травянистая и кустарниковая.
8. Тропические леса.

**Типы пресноводных экосистем:**

1.Стоячие водоемы, или лентическая среда - озера, пруды.

2. Проточные водоемы, или лотическая среда - родники, реки, ручьи.

3. Заболоченные угодья: болота.

**Типы морских экосистем:**

1. Открытый океан (пелагическая зона).

2. Воды континентального шельфа (прибрежные воды).

3. Районы апвеллинга (зоны подъема океанических холодных глубинных вод, богатых биогенными элементами, районы с высокопродуктивным рыболовством).

4. Эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек и т.д.).

**Контрольные вопросы:**

1. Чем объяснить ярусное распределение живых организмов в природном сообществе?
2. В чем отличия понятий «экосистема» и «биогеоценоз»?
3. Какие компоненты входят в структурную организацию экосистем?
4. Какие организмы относятся к продуцентам, консументам, редуцентам и какова их роль в сообществе живых организмов?
5. Что такое экологическая сукцессия?
6. Приведите примеры экологических сукцессий, происходящих на незначительных участках, и сукцессий, охватывающих значительные территории?
7. Можно ли отнести изменения, происходящие в сообществе живых организмов Аральского моря к экологической сукцессии? Обоснуйте свой ответ.
8. Что такое экологический климакс?

**Энергия в экологических системах.**

Энергию определяют, как способность производить работу. Первый закон сохранения энергии – закон термодинамики гласит, что энергия может переходить (трансформироваться) из одной формы в другую, но не исчезает и не создается заново. Свет, например, есть одна из форм энергии, т.к. его можно превратить в работу, тепло или потенциальную энергию пищи, но энергия при этом не пропадает. Второй закон термодинамики или закон энтропии формулируется по-разному, в частности, таким образом: процессы, связанные с превращениями энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную (тепло горячего предмета самопроизвольно стремится рассеяться в более холодной среде). Второй закон термодинамики можно сформулировать и так: поскольку некоторая часть энергии всегда рассеивается в виде недоступной для использования тепловой энергии, эффективность самопроизвольного превращения кинети-ческой энергии (например, света) в потенциальную (энергию химических соединений протоплазмы) всегда меньше 100%.

Важнейшая термодинамическая характеристика организмов, экосистем и биосферы в целом – способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е., состояние с низкой энтропией (энтропия – мера неупорядоченности или количество энергии, недоступной для использования). Низкая энтропия достигается постоянным и эффективным рассеянием легко используемой энергии (например, энергии света или пищи) и превращения ее в энергию, используемую с трудом (например, в тепловую). Упорядоченность экосистемы, т.е., сложная структура биомассы, поддерживается за счет дыхания всего сообщества, которое постоянно «откачивает из сообщества неупорядоченность». Таким образом, экосистемы и организмы представляют собой открытые неравновесные термодинамические системы, постоянно обменивающиеся с окружающей средой энергий и веществом, уменьшая этим энтропию внутри себя, но увеличивая ее вовне.

Все разнообразие проявленной жизни сопровождается превра-щениями энергии. Энергия, получаемая в виде света поверхностью Земли, уравновешивается энергией, излучаемой с поверхности Земли в форме невидимого теплового излучения. Сущность жизни состоит в непрерывной последовательности таких изменений, как рост, самовоспроизведение и синтез сложных химических соединений. Отношения между растениями – продуцентами и животными – консументами, между хищником и жертвой, не говоря уже о численности и видовом составе организмов в каждом местообитании, лимитируется и управляется потоком энергии.

Процесс фотосинтеза, в результате которого образуются такие огромные количества растительного материала, связывает лишь 1% всей энергии, излучаемой Солнцем на Землю, в форме видимого света, исходя из второго закона термодинамики, лишь небольшая доля этой энергии передается консументам и редуцентам. Всякий раз, когда происходит превращение энергии – энергии солнечных лучей в химическую энергию пищи, этой последней – в энергию, необходимую для поддержания жизнедеятельности организма – некоторая доля полезной энергии рассеивается в виде бесполезной тепловой энергии. Помимо этого, потери энергии имеют место на каждом этапе ее прохождения по пищевой сети. Каждый организм использует некоторое количество энергии на поддержание собственного существования и на рост, оставляя все меньше энергии, доступной организмам следующего трофического уровня. Организмы на каждом из этих уровней удивительно эффективны в смысле улавливания даже этого малого количества энергии, связываемого растениями и высвобождаемого затем в процессе дыхания, а затем расходуемого ими на поддержание собственного существования, и лишь оставшаяся половина идет на рост и размножение. Растительноядные организмы потребляют в среднем 10% создаваемого каждый год растительного материала, и не вся их пища идет на создание новых органических молекул.

**Энергетические характеристики среды.** Организмы, живущие на земной поверхности и вблизи нее, подвергаются воздействию потока энергии, состоящего из солнечного излучения и длинноволнового теплового излучения от близлежащих тел. Оба эти фактора определяют климатические условия среды (температуру, скорость испарения воды, движения воздуха и воды и т.п.), но лишь малая часть солнечного излучения используется в фотосинтезе, обеспечивающем энергией живые компоненты экосистемы.

На биосферу из космоса в ясный летний полдень может дойти не более 67% энергии Солнца, т.е., 1,34 кал/см квадратный (Гейтс, 1965). Лучистая энергия, достигающая земной поверхности в ясный день, состоит примерно на 10% из ультрафиолетового излучения (излучение с длиной волны меньше 0,3 мкм почти не проходит озоновый слой и это очень удачно, поскольку такое излучение летально для незащищенной протоплазмы), на 45% - из видимого света и на 45% из инфракрасного излучения. Меньше всего при прохождении через плотные облака и воду ослабляется видимый свет. Следовательно, фотосинтез может идти в пасмурные дни и под слоем чистой воды. Растительность сильно поглощает синие и красные лучи, а также дальнее инфракрасное излучение. Тенистая прохлада создается в лесу благодаря тому, что листва поглощает много видимого и дальнего инфракрасного излучения. Синий и красный свет поглощается особенно сильно хлорофиллом, а энергия дальнего инфракрасного излучения - водой, содержащейся в листьях и окружающими их водяными парами. Как бы отбрасывая ближнее инфракрасное излучение, несущее основную часть солнечной тепловой энергии, листья наземных растений избегают перегрева. Другой энергетический компонент среды обитания – тепловое излучение. Оно исходит от всех поверхностей и тел, температура которых выше абсолютного нуля. Это не только почва, вода и растения, но и облака, излучающие вниз на экосистемы значительное количество тепловой энергии. Тепловая энергия поглощается биомассой полнее, чем солнечное излучение. Большое биологическое значение имеют суточные колебания. В таких биотопах, как пустыни или высокогорные тундры, дневной поток энергии во много раз больше ночного, а в глубоководных зонах океана, в глубине тропического леса общий поток излучения может на протяжении суток оставаться практически постоянным. Таким образом, масса воды и биомасса леса сглаживают колебания энергетических характеристик среды и этим делают условия менее стрессовыми для живого. Условия существования организмов определяются общим потоком излучения, но для продуктивности экосистемы и для круговорота биогенных элементов в ней важнее всего прямое солнечное суммарное излучение, попадающее на автотрофный ярус экосистемы, т.е., солнечная энергия, получаемая зелеными растениями за недели, месяцы, за весь год. Этот приток первичной энергии приводит в действие все биологические системы. Хотя всего лишь около 1% энергии переходит в пищу и другую биомассу, то примерно 70%, которые преобразуются в тепло, уходят на испарение, осадки, ветер и т.д., не теряются зря, т.к. эта энергия поддерживает температуру и приводит в действие системы погоды и круговорот воды, необходимые для жизни на Земле.

**Продуктивность. П**ервичная продуктивность экосистемы: сообщества или любой части определяется, как скорость, с которой лучистая энергия усваивается организмами-продуцентами в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, накапливаясь в форме органических веществ. В процессе производства органического вещества следует выделять 4 последовательных уровней:

1. **Продуктивность первичная сообщества –** скорость обра-зования биомассы первичными продуцентами (растениями) в пересчете на единицу площади. Её можно выразить в единицах энергии (джоулях на 1 метр квадратный за 1 сутки) или сухого вещества (килограммах на 1 гектар за 1 год).

2. **Валовая первичная продукция** (**ВПП**) – суммарная фиксированная в процессе фотосинтеза энергия. Часть ее расходуется на дыхание самих растений и теряется для сообщества в виде потерь на дыхание (**Д**).

3. **Чистая первичная продукция** (**ЧПП**)- скорость накопления органического вещества продуцентами, которое доступно гетеротрофным организмам. В данном случае это разница между **ВПП** и **Д**.

4. Скорость накопления энергии на уровнях консументов называют **вторичной продуктивностью**. Но консументы лишь используют ранее созданные питательные вещества, часть из них расходуя на дыхание, а остальную часть превращая в собственные ткани.

Почему продуктивность сильно варьируется в разных местах? Как уже отмечалось, растениям для их роста необходим ряд ресурсов. Если одного из них в данной среде недостаточно, то он становится **лимитирующим** фактором. Например, в пустыне таким лимитирующим фактором обычно бывает недостаток воды, в тундре – низкая температура.

Чистая первичная продуктивность всего земного шара составляет примерно 170 млрд тонн (по сухой массе) нового растительного материала в год; из них 115 млрд тонн составляет суша и 55 млрд тонн – мировой океан (Leith, 1975; Whittaker, 1975). Несмотря на то, что океан занимает 70% поверхности земного шара, он дает только 30% всей его продукции.

*Табл.2*

*Годовая чистая первичная продукция и биомасса для различных сообществ земного шара (по Уитеккер, 1975, сокр.)*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип экосистемы** | **Пло-щадьмлн км2** | **Чистая первичная продукция на г/м2 или т/км2 (среднее)** | **Чистая первичная продукция на земном шаре, млрд т** | **Биомасса на единицу площади, кг/м2, (среднее)** | **Биомасса на земном шаре, млрд т** |
| Дождевой тропический лес | 17,0 | 2200 | 37,4 | 45,0 | 765,0 |
| Тайга | 12,0 | 800 | 9,6 | 20,0 | 240,0 |
| Степь | 9,0 | 600 | 5,4 | 1,6 | 14,0 |
| Тундра | 8,0 | 140 | 1,1 | 0,6 | 5,0 |
| Возделываемые земли | 14,0 | 650 | 9,1 | 1,0 | 14,0 |
| Болота | 2,0 | 2000 | 4,0 | 15,0 | 30,0 |
| Озера и реки | 2,0 | 250 | 0,5 | 0,02 | 0,05 |
| Открытый океан | 332,0 | 125 | 41,5 | 0,003 | 1,0 |
| Зоны апвеллинга | 0,4 | 500 | 0,2 | 0,02 | 0,008 |
| Континентальный шельф | 26,6 | 360 | 9,6 | 0,01 | 0,27 |
| Коралловые Рифы | 0,6 | 2500 | 1,6 | 2,0 | 1,2 |
| Эстуарии | 1,4 | 1500 | 2,1 | 1,0 | 1,4 |

Как видно из представленной таблицы, наибольшая чистая первичная продукция наблюдается в районах коралловых рифов (2500 г/м2) и наименьшая в открытом океане (125 г/м2) за год.

**Пищевые цепи, пищевые сети и трофические уровни.** Поддержание жизнедеятельности организмов и круговорот вещества в экосистемах возможны только за счет постоянного притока энергии. В конечном итоге вся жизнь на Земле существует за счет энергии солнечного излучения, которая переводится фотосинте-зирующими организмами (автотрофами) в химические связи органических соединений. Все остальные организмы получают энергию с пищей. Все живые существа являются объектами питания других, т.е., связаны между собой энергетическими отношениями. Пищевые связи в сообществах – это механизмы передачи энергии от одного к другому. Перенос энергии пищи от ее источника – автотрофов (растений) – через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, называется пищевой (трофической) цепью.

При каждом очередном переносе большая часть (80-90%) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло. Поэтому, чем короче пищевая цепь (чем ближе организм к ее началу), тем большее количество энергии доступно для популяции. Пищевые цепи можно разделить на два основных типа: 1) пастбищная цепь, которая начинается с зеленого растения и идет далее к пасущимся растительноядным животным и хищникам и 2) детритная цепь, которая от мертвого органического вещества идет к микроорганизмам, а затем к детритофагам и их хищникам.

Для поддержания круговорота веществ в системе необходимо наличие запаса неорганических молекул в усвояемой форме и трех функционально различных экологических групп организмов: продуцентов, консументов и редуцентов.

*На рис.12. Схема круговорота вещества и перенос энергии по пищевой цепи.*

Продуцентами выступают организмы, способные из органических веществ создавать органические, т.е., производить и накапливать потенциальную энергию в форме химической энергии, которая содержится в синтезированных органических веществах (углеводах, жирах, белках). В наземных экосистемах такой синтез осуществляют, главным образом, цветковые растения; в водной среде – микроскопические планктонные водоросли.

**Консументы** (т.е., потребители) – это организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и трансформирующие его в новые формы. Роль консументов выполняют в природе, в основном, животные. Можно выделить консументы различного порядка. **Первичные консументы** питаются автотрофными (фотосинтезирующими) продуцентами. Это, в основном, травоядные животные, паразиты зеленых растений (насекомые, грызуны, копытные, ракообразные и моллюски).**Вторичные консументы** питаются травоядными организмами и являются, следовательно, плотоядными формами. К **третичным консументам** принадлежат плотоядные, которые, в свою очередь, питаются плотоядными животными, т.е., вторичными консументами. Можно выделить также и консументов 4-го и 5-го порядков.

СВЕТ

|  |
| --- |
| Продуценты |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Первичные консументы | | |
| Минеральные вещества |
| Вторичные консументы |

|  |
| --- |
| Редуценты |

*Схема круговорота веществ и переноса энергии*

*по пищевой цепи.*

**Редуценты** живут за счет мертвого органического вещества, переводя его вновь в неорганические соединения. Это, главным образом, бактерии и грибы.

Классификация эта относительна, т.к. и консументы, и сами продуценты выступают частично в роли редуцентов, в течение жизни выделяя в окружающую среду минеральные продукты обмена веществ.

Место каждого звена в цепи питания называют **трофическим уровнем**. Первый трофический уровень – это всегда продуценты, создатели органической массы; второй – растительноядные консументы, третий – плотоядные, живущие за счет растительных форм; четвертый – организмы, потребляющие других плотоядных. Таким образом, пищевые цепи хищников идут от продуцентов к травоядным, поедаемым мелкими плотоядными, последние, в свою очередь, поедаются более крупными хищниками и т.д. По мере продвижения по цепи хищников животные все более увеличиваются в размерах и уменьшаются численно. Приведем пример относительно простой и короткой цепи хищников:

**Трава кролик лиса**

(продуцент) (консумент 1 порядка ) (консумент II порядка)



*Рис.13. Организмы и категории экосистем*

Виды с широким спектром питания могут включаться в пищевые цепи на разных трофических уровнях. Так, например, человек, в рацион которого входит, как растительная пища, так и мясо травоядных и плотоядных животных, выступает в разных пищевых цепях в качестве консумента первого, второго и третьего порядков. Виды, специализированные на растительной пище (например, зайцеобразные, копытные) всегда являются вторым звеном в цепях питания. Таким образом, консументы могут занимать разные уровни в цепях питания, что зависит от их пищевой специализации.

Понятие пищевой цепи удобно для изложения: оно соответствует в отдельных, особо схематичных случаях и реальном наблюдаемым явлениям, но, в целом, носит несколько упрощенный характер. В природе пищевые цепи всегда существуют таким образом, что различные представители сообщества объединены многочисленными пересекающимися пищевыми связями, образующими **пищевую или трофическую сеть.**

Организмы любого вида являются потенциальной пищей многих других видов: например, хищники обычно легко переключаются с одного вида жертв на другой, а многие, кроме животной пищи, способны потреблять в некотором количестве и растительную. В приведенном выше примере трава может быть вначале съедена не кроликами, а другими травоядными; в свою очередь, кролика вместо лисицы может съесть орел и др.

Таким образом, трофические сети в экосистемах очень сложные.



*Рис.14. Детритная пищевая цепь в наземных экосистемах*

*(по Небелу, 1993)*

Однако путь каждой конкретной порции энергии, накопленной зелеными растениями, короток. Энергия может передаваться не более, чем через 4-6 звеньев ряда, состоящего из последовательно питающихся друг другом организмов. В сложных природных сообществах организмы, получающие свою энергию от Солнца через одинаковое число ступеней, считаются принадлежащими к одному трофическому уровню. Так, зеленые растения занимают первый трофический уровень (уровень продуцентов). Травоядные – второй (уровень первичных консументов), первичные хищники, поедающие травоядных – третий (уровень вторичных консументов), а вторичные хищники – четвертый (уровень третичных консументов). Эта трофическая классификация относится к функциям, а не к видам, как таковым. Популяция может занимать один или несколько трофических уровней. Поток энергии через трофический уровень равен общей ассимиляции на этом уровне, которая, в свою очередь, равна продукции биомассы плюс дыхание.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПИРАМИДЫ**

В результате взаимодействия энергетических явлений в пищевых цепях и такого фактора, как зависимость метаболизма от размеров особи, каждое сообщество приобретает определенную трофическую структуру, которая часто служит характеристикой типа экосистем. Трофическую структуру можно измерить и выразить либо урожаем на корню (на единицу площади), либо количеством энергии, фиксируемой на единицу площади за единицу времени на последовательных трофических уровнях. Трофическую структуру можно изобразить в виде экологических пирамид, т.е., числовых, весовых и энергетических взаимодействий между продуцентами, консументами всех уровней и редуцентами, а их трофическая связь в экосистемах наглядно и объемно раскрываются с помощью структурных представлений в виде **экологических пирамид.**

****

*Рис. 15.а) Основные типы экологических пирамид*

Экологические пирамиды можно отнести к трем основным типам: 1) **пирамида чисел**, отражающая численность отдельных организмов; 2) **пирамида биомассы**, характеризующая общую сухую массу (урожай на корню). 3) **пирамида энергии**, показывающая величину потока энергии на последовательных трофических уровнях. Экологические пирамиды могут быть обращенными или частично обращенными, т.е., основание может быть меньше, чем один или несколько верхних блоков. *Рис.15 б)*

Форма пирамиды чисел сильно различаются для разных сообществ в зависимости от того: малы (фитопланктон, травы) или велики (деревья) в них продуценты.. На одном дереве могут жить многие тысячи тлей, гусениц и др. растительноядных насекомых. Следовательно, численность особей на разных трофических уровнях столь различна, что порой трудно изобразить все сообщество в одном масштабе.

Пирамида биомасс лучше показывает соотношение биомасс экологических групп в целом. Обозначив на последовательных трофических уровнях общую массу особей обычно можно получить ступенчатую пирамиду. В системах с очень мелкими продуцентами и крупными консументами общая масса последних может быть в любой данный момент выше. В таких случаях, хотя через трофический уровень продуцентов проходит больше энергии, чем через уровни консументов, интенсивный обмен и быстрый оборот мелких организмов – продуцентов обусловливают в результате большую продукцию, но малый урожай на корню. Обращенные пирамиды биомассы чаще всего характерны для озер и морей. Фитопланктон в сумме весит больше зоопланктона в периоды высокой первичной продуктивности, например, в период «весеннего» цветения, но в другие периоды, например, может наблюдаться обратная ситуация. В озерах и в море вторичные и третичные консументы – рыбы, моллюски и др. в большинстве случаев крупны и в сумме весят больше продуцентов – фитопланктона. Из всех 3 типов экологических пирамид пирамида энергии дает наиболее полное представление о функциональной организации сообществ. Число и масса организмов, которых может поддерживать какой-либо уровень в тех или иных условиях, зависит не от фиксированной энергии, имеющейся в данное время на предыдущем уровне, а от скорости продуцирования пищи. В противоположность пирамидам чисел и биомассы отражающим статистику системы (т.е., характеризующим количество организмов в данный момент), пирамида энергии отражает картину скорости прохождения массы пищи через пищевую цепь. На форму этой пирамиды не влияют изменения размеров и интенсивности метаболизма особей, и если учтены все источники энергии, то пирамида всегда будет иметь «правильную форму». Концепция потока энергии не только позволяет сравнивать экосистемы между собой, но и дает средство для оценки в их биотических сообществах. Нормальное функционирование всех экосистем базируется на правиле десяти процентов, согласно которому количество энергии переходящее с одного трофического уровня на другой составляет около 10% (от 5 до 20%).

**Контрольные вопросы:**

1. Как вы понимаете выражение «трофическая структура сообщества»?
2. Могут ли травоядные млекопитающие оказывать влияние на абиогенный компоненты экосистем? Приведите примеры.
3. Почему пищевые цепи включают небольшое число звеньев, максимум пять – семь?
4. Что такое продуктивность и продукция? Перечислите основные виды продукции.
5. Какие изменения претерпевает вещество и энергия на том или ином трофическом уровне?
6. Чем отличается поток энергии от круговорота веществ в экосистемах?
7. В каких единицах измерения выражается биомасса и продукция?
8. Дайте определение понятию «трофическая структура сообщества»?
9. Приведите примеры организмов, относящихся к одному трофическому уровню?
10. Какие существует типы экологических пирамид? Приведите примеры.
11. В каких случаях пирамида биомасс может быть «перевернутой», т.е., биомасса консументов оказывается больше биомассы продуцентов?

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ**

**Круговорот биогенных элементов** Химические элементы, в том числе все основные биогенные элементы, совершают непрерывный поток в экосистемах, в котором участвуют, как все живые организмы, так и физическая среда. Циркуляция в биосфере химических элементов и биогенных элементов по характерным путям из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду называют биохимическими циклами. Обмен биогенными элементами между живыми организмами и неорганическими фондами в большинстве сообществ почти полностью сбалансирован.

Круговорот углерода и кислорода обеспечивается процессами фотосинтеза и дыхания. Азот и фосфор проходят в экосистеме сложный путь, причем в этом им помогают микроорганизмы со специализированными метаболическими функциями.

**Круговорот воды.** Несмотря на то, что вода участвует в химических реакциях, из которых слагается фотосинтез, большая часть потока воды, проходящего через экосистему, связана с испарением, транспирацией и выпадением осадков.



*Рис 16. Круговорот воды*

Более, чем 90% имеющейся на земле воды связано в горных породах. Вода в больших количествах необходима для синтеза органического вещества, так на каждый грамм требуется 500 гр воды. Поток воды в гидрологическом цикле определяется главным образом испарением. Среднее время переноса воды в её жидкой фазе по поверхности Земли составляет примерно 3700 лет (моря и океаны). Оборот воды в атмосфере составляет 14 дней, в реках около 30 дней.

**Круговорот кислорода**. Кислород составляет 21% по весу в атмосфере. Гораздо большее его количество находится в связанном состоянии в молекулах воды, солей, а также в окислах твердых пород земной коры. Круговорот кислорода происходит за счет процесса фотосинтеза с одной стороны и процесса горения (окисления) и дыхания с другой.

Молекула кислорода, образующаяся при фотосинтезе, получает один атом от углекислого газа, а другой – от воды, при дыхании происходит обратный процесс. Время круговорота кислорода в атмосфере составляет около 2500 лет.

**Круговорот углерода.** В биологическом круговороте углерода участвуют только органические соединения и углекислый газ. Весь ассимилированный в процессе фотосинтеза углерод включается в углеводы, а в процессе дыхания в двуокись углерода.

Обширные фонды углерода неорганического происхождения – атмосферная двуокись углерода, растворенная СО2, угольная кислота и карбонатные отложения – участвуют в круговороте углерода в различной степени. Растения и животные ежегодно пропускают через себя до 0,3% углерода, содержащегося в атмосфере в виде СО2и угольной кислоты, следовательно, весь активный неорганический углерод претерпевает круговорот каждые 400 лет. В наземных экосистемах в круговорот вовлекается ежегодно около 12% содержащейся в атмосфере СО2, поэтому время переноса атмосферного равно примерно 8 годам.



од



од

*Рис.17. Глобальный круговорот углерода резервуары – в Гт,*

*потоки (а-ж) – в Гт/год*

**Круговорот азота**. Путь прохождения азота через экосистему отличается от путей круговорота других элементов в нескольких важных отношениях.



*Рис.18. Круговорот азота*

Во-первых, большинство организмов не могут ассимилировать азот напрямую из атмосферы; во-вторых, азот не принимает непосредственного участия в высвобождении химической энергии при дыхании, главная его роль состоит в том, что он входит в состав белков и нуклеиновых кислот, которые создают структуру биологических структур и их функционирование; в-третьих, биологическое разложение азотосодержащих органических сое-динений до неорганических форм слагается из нескольких стадий, и они могут осуществляться только специализированными бактериями.

Азот протоплазмы переводится из органической формы в неорганическую форму в результате деятельности ряда бактерий – редуцентов, причем каждый вид выполняет свою работу. Некоторое количество азота переводится, в конце концов, в аммиак и нитрат – формы наиболее пригодные для использования зелеными растениями. Воздух, на 78% состоящий из азота, представляет собой огромный резервуар и одновременно «предохранительный» клапан системы. Азот поступает в атмосферу, благодаря деятельности денитрифицирующих бактерий и возвращается в круговорот, благодаря азотфиксирующим бактериям или водорослей, а также действия электрических разрядов других физических процессов, в которых происходит фиксация азота. Общее время круговорота азота составляет примерно 100 лет.



*Рис.19.Круговорот фосфора*

Растения ассимилируют фосфор в виде фосфотиона (РО43-) непосредственно из почвы или воды, у животных, содержащийся в пище избыточный органический фосфор выводится из организма в виде фосфатов; некоторые группы бактерий превращают содержащийся в детрите органический фосфор в фосфат. Источником фосфора являются горные породы и другие отложения. В круговорот фосфора в экосистеме вовлечены только почвы и вода.

*******Рис.20. Круговорот серы*

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные биогенные элементы. Охарактеризуйте круговороты каждого из них и сопряженных с ним веществ.
2. Каким образом живые организмы влияют на глобальный круговорот воды?
3. Чем отличается круговорот воды от круговорота углерода?
4. Известно, что атмосферный азот недоступен большинству живых организмов. Каким образом происходит поступление азота в почву?
5. Влияет ли антропогенная деятельность на круговорот углерода?

**РАЗДЕЛ V. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ (ДЕМЭКОЛОГИЯ)**

Термин «популяция» происходит от латинского слова populus (народ) и в переводе означает «население». Понятие о популяции, как биологической системе надорганизменного уровня, прямо вытекает из объединения особей на определенной территории. В современном представлении популяция рассматривается как элементарная единица эволюционного процесса. В состав любой экосистемы входят десятки, сотни или даже тысячи видов. Популяционный подход в экологии концентрирует свое внимание на отдельных видах. Чаще всего это не просто массовые виды, а виды, имеющие важное хозяйственное значение или редкие виды, нуждающиеся в охране. В популяционном подходе в качестве объекта исследования выступают группы организмов, распространение или динамика которых изучается и при этом чаще всего фигурирует совокупность особей одного вида, т.е., популяция.

**Популяция** – *это группировка особей одного вида, населяющих определенную территорию и характеризующаяся той или иной степенью обмена генетической информации (панмиксии), морфобио-логического типа и системой устойчивых функциональных связей*.

При описании популяции и аналитическом её изучении используются обычно две группы количественных показателей. Одни – **статические,** характеризующие состояние популяции в какой-то определенный момент времени, другие – **динамические,** характе-ризуют процессы, протекающие в популяции за некоторый промежуток времени. К статистическим показателям относятся численность (плотность), возрастной и половой состав, генетическая и пространственная структура. К динамическим характеристикам относятся: **рождаемость, смертность, скорость роста, колебания численности популяций**.

Популяция как биологическая система. Популяция как биологическая система характеризуется появлением специфических свойств, которыми не обладают отдельные организмы данного вида. Так, только на популяционном уровне выявляются такие свойства как численность и плотность населения, половой и возрастной состав, уровень размножения и смертности и др. По этим и другим признакам популяция качественно отличается от организменного уровня организации биологических систем. Так, популяция не имеет свойствен ной организмам морфологической ограниченности от среды и от других популяций; в её строении не вычленяются морфологически отличающиеся части, аналогичные физиологичес-ким функциональным системам организма; интеграция функций отдельных особей, составляющих популяцию, осуществляется качественно иным путём, нежели интеграция функций органов в организме. Организм, как биологическая система, относительно недолговечен, популяция же при сохранении необходимых условий практически бессмертна. В то же время популяция обладает и определёнными чертами сходства с организмом как системой, позволяет и саму популяцию квалифицировать как биологичес-кую систему надорганизменного уровня.В частности, такие принципиальные свойства, как интегрированность частей, авторегуляция и способность к адаптивным реакциям, - основные черты, свойственные всем популяциям, характерны и для биологических систем иного уровня -от организма до биосферы в целом.

На основе пространственной и функциональной структуриро-ванности в популяциях развиваются такие формы индивидуальных и групповых отношений, которые образуют систему авторегуляции на популяционном уровне, определяющую устойчивость популяции как системы на фонеколеблющихся условий среды.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ВИДА

Структурированность свойственна как популяциям, так и виду в це­лом.

Подвид - категория таксономическая, но одновременно это крупная территориальная группировка общего видового населения. С экологиче­ских позиций подвид можно определить как совокупность особей, населяющих географически однородную часть видового ареала и отли­чающихся устойчивыми морфологическими признаками от особей других подвидов.

Географическая популяция - совокупность особей одного вида (или подвида), населяющих территорию с однородными условиями существо-

и обладающих общим морфологическим типом и единым ритмом жизненных явлений и динамики населения (Н.П.Наумов, 1963).

Экологическая популяция- это население одного типа местообитания(биотопа), характеризующееся общим ритмом биологических циклов и характером образа жизни (Н.П. Наумов, 1963). Экологические популяции -более мелкие территориальные группировки с меньшей степенью географической изоляции. Они возникают в силу наличия в пределах зон сходного благоприятствования мелких, но существенных отличий в особенностях мезо- и микроклимата, рельефа, гидрологического режима и т.п. Для них характерно довольно быстрое обновление особей в силу их подвижности (сезонные перемещения, расселение молодняка и т.д.).

Экологические популяции в свою очередь распадаются на ряд отдель­ных группировок особей, которые обозначают как элементарные популя­ции (Н.П. Наумов), субпопуляции(С.С. Шварц), локальные или местные популяции (К.М. Завадский). Внутри популяции можно выделить более мелкие подразделения (семьи, Д6МЫ, парцеллы и др.) [2].

**Численность и плотность популяции, методы ее определения**. Плотность популяции – это величина популяции, отнесенная к некоторой единице пространства. Ее обычно измеряют и выражают числом особей или биомассой популяции на единицу площади или объема, например, 500 деревьев на 1 га, 5 млн диатомей на 1 м3 или 200 кг рыбы на 1 га поверхности водоема., Различают среднюю плотность, т.е., численность (или биомасса) на единицу всего пространства и экологическую плотность т.е., численность (или биомасса) на единицу обитаемости пространства (доступной площади или объема, которые фактически могут быть заняты популяцией). Различие между средней и экологической плотностью можно иллюстрировать данными Коле по лесному аисту в Национальном парке Эвергейдс. Он установил, что в этой местности плотность мелких рыб с падением уровня воды в течение сухого зимнего сезона, в целом, снижается, но экологическая плотность при этом возрастает, так как по мере сокращения зеркала воды увеличивается число рыб, приходящихся на единицу водной поверхности. Аисты откладывают яйца в такое время, что вылупление птенцов приходится на период пика экологической плотности рыб. Это облегчает родителям ловлю рыбы, которая оставляет основную пищу птенцов.

Методы оценки численности и плотности популяций:

1. **Прямой** (тотальный) подсчет, используемый для крупных, широко заметных организмов (или для организмов, живущих в колониях).
2. **Выборочные пробы** (метод пробных площадок). Этот метод состоит в подсчете или взвешивании организмов на пробных площадках или трансектах.
3. **Метод мечения** (маркировки) с повторным отловом. Из популяции отлавливают животных, подсчитывают, метят их и выпускают. Через определенное время снова отлавливают и подсчитывают всех. Доля меченых животных в последующей выборке используется для определения общей численности.

4. **Метод аэрофотосъемки** используется для подсчета крупных мигрирующих видов (сайгаки, волки, слоны).

**Пространственное распределение особей и популяций.** Из всего разнообразия пространственных распределений, встречаю-щихся в природе, можно выделить три основных: **случайное, регулярное (равномерное), пятнистое (групповое).**

Случайное распределение наблюдается тогда, когда среда очень однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы. Личинки мучных хрущаков обычно случайно распределены в своей, очень однородной среде. Одиночные паразиты или хищники (пауки) характеризуются иногда случайным распределением (в соответствии с этим и их поведение, направленное на обнаружение своих хозяев или добычи, имеет характер случайного поиска). Регулярное (равномерное) распределение встречается там, где между особями очень сильна конкуренция или существует антагонизм.

У деревьев в лесу достаточно высоких, чтобы их кроны образовали часть общего полога, распределение может быть регулярным (равномерным), поскольку конкуренция за свет у деревьев столь велика, что у них наблюдается тенденция отстоять друг от друга на равные расстояния. Примерами регулярного пространственного распределения являются поля зерновых культур, фруктовые сады, посадки сосновых. Тенденция к более регулярному распределению у некоторых животных (чаще всего, у хищников), может быть обусловлено территориальностью. Этот тип распределения встречается также у животных растительноядных, но специализирующихся на питании немного видами корма, имеющегося в ограниченном количестве. Так, например, защита территории, на которой добывается корм, свойственна многим тропическим птицам, питающимся нектаром.

В природе часто встречается пятнистое (групповое) распре-деление. Причем оно свойственно не только наземным организмам, но и обитателям водных экосистем (стаи птиц, рыб, стада, табуны, колонии животных, термиты, растения).

**Возрастная структура популяции**. Возрастная структура популяции является ее важной характеристикой, которая оказывает влияние, как на рождаемость, так и на смертность. Соотношение различных возрастных групп в популяции определяет ее способность к размножению в данный момент и показывает, что можно ожидать в этом отношении в будущем. Обычно в быстро растущих популяциях значительную часть составляют молодые особи. В стабильных популяциях распределение возрастных групп более равномерно, а в популяциях с уменьшающейся численностью больше старых особей. Для каждой популяции характерна некоторая «нормальная» или стабильная возрастная структура, к которой направлено изменение ее реальной возрастной структуры.

Растущая Стабильная Стареющая

Относительное количество особей в разных возрастных классах %

*Рис.21. Возрастная структура популяции*

В популяции можно выделить три возрастные группы: пререпродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную. Длительность этих возрастов по отношению к общей продолжительности жизни сильно варьирует у разных организмов. У современного человека три этих «возраста» приблизительно одинаковы, на каждый из них приходится около трети жизни. Для многих животных и растений характерен очень длительный пререпродуктивный период. У некоторых животных, в особенности у насекомых, пререпродуктивный период чрезвычайно длителен, репродуктивный очень короткий, а пострепродуктивный отсутствует совсем (некоторые виды поденок, 17-летняя саранча).

У промысловых птиц и пушных зверей соотношение числа животных первого года жизни и животных старших возрастов служит показателем тенденции изменения численности популяции. «Доминирование» какой-либо возрастной группы часто наблюдается в популяциях рыб, когда в результате необычно высокого выживания икры и личинок значительную часть популяции составляют однолетние особи, в течение последующих нескольких лет размножение подавляется.

**Динамические характеристики популяций.** Поскольку популяция изменчива, представляет интерес не только ее величина и состав в каждый данный момент, но также и то, как она изменяется. Зная скорость изменения популяции, можно судить о многих важных ее особенностях. Скорость можно определить, разделив изменение некоторой величины на интервал времени, в течение которого произошло это изменение.

Если N – представляет собой число организмов, а t – время, то изменения числа организмов за определенное время. NΔN/Δt - средняя скорость роста= средняя скорость изменения числа организмов во времени на организм (скорость роста, деленная либо на число организмов, имевшихся вначале, либо на число организмов в данный период времени). Этот параметр используется в тех случаях, когда сравниваются популяции разных размеров.

Выделяют два основных типа роста: рост, описываемый J-образной и S-образной кривой.



*Рис.22. Рост численности особей популяции*

J - экспоненциальная кривая

S - логистическая кривая

A - сопротивление среды

При J-образной кривой плотность быстро возрастает по экспоненте, но затем, когда начинают действовать сопротивление среды или другой лимитирующий фактор, рост быстро прекращается.

При S-образной кривой популяция вначале увеличивается медленно (фаза положительного ускорения), затем быстрее, но вскоре под влиянием сопротивления среды рост постепенно замедляется и в конце концов будет достигнуто равновесие, которое и сохраняется. К – предел роста или верхняя асимптота.

**Флуктуация численности популяции.** Когда популяция перестает расти и величина ΔN/Δt в среднем достигает «0», плотность популяции обнаруживает тенденцию к флуктуациям относительно предельного уровня роста. Такие флуктуации могут возникать либо в результате изменения физической среды, либо в результате внутрипопуляционных взаимодействий, либо в результате взаимодействия с соседними популяциями. Для природных популяций важно различать: 1) сезонные изменения численности, которые регулируются преимущественно адаптациями жизненного цикла, сопряженными с сезонными изменениями факторов среды, и 2) годичные флуктуации. Последние можно разделить на две группы:

а) флуктуации, обусловленные различием факторов в течение года, т.е., внешними по отношению к популяции факторами и б) флуктуации, связанные с динамическими изменениями популяций (биотическими факторами, такими, как доступная пища или энергия, болезни и т.п.). Примеры сезонных колебаний величины популяций – тучи москитов и комаров, леса, полные птиц – все это бывает в свое время. В другие сезоны популяции этих организмов могут сходить практически на нет.

Классическими примерами являются колебания численности у некоторых видов северных млекопитающих и птиц, у которых наблюдаются 9-10, 3-4-летние циклы (9-10 годичные колебания численности зайца-беляка и рыси, 3-4 годичные циклы северных мышевидных грызунов – леммингов, мышей, полевок и их хищников – полярных сов и песцов).

Наиболее известные примеры колебаний численности у насекомых – ее циклы у саранчовых. Саранча живет в пустынных и полупустынных зонах и на протяжении многих лет не совершает миграций. Однако время от времени плотность популяции саранчи достигает чудовищных размеров. Под влиянием скученности насекомые претерпевают морфологические изменения (у них развиваются более длинные крылья) и начинают мигрировать в земледельческие районы, съедая все на своем пути. Существующая практика возделывания земель, как севообороты и перевыпас скота, увеличивают вероятность вспышки, потому что мозаичное чередование растительности и обнаженной земли (куда саранча откладывает яйца) благоприятствует экспоненциальному росту численности популяции. По-видимому, мы имеем дело с популяционным взрывом, обусловленным и нестабильностью окружающей среды, и простотой условий.

Теории, объясняющие механизмы циклических изменений численности популяций можно подразделить на: 1) метеорологические теории; 2) теории случайных флуктуаций; 3) теории взаимодействия популяций и 4) теории взаимодействия трофических уровней.

**Рождаемость.** Рождаемость – это способность популяции к увеличению численности. Ее определяют как число особей (лиц, семян и т.д.) - ΔNn – родившихся (отложенных, продуцированных) в популяции за некоторый промежуток времени Δt.

ΔN/Δt – В - абсолютная рождаемость.

Для того, чтобы удобнее было сравнивать между собой популяции разной численности, величину ΔNn/Δt обычно относят к общему числу особей в начале промежутка времени Δt. Полученную величину ΔNn/NΔt – называют удельной рождаемостью.

Единица времени, выбранная для оценки рождаемости в той или иной популяции, изменяется в зависимости от интенсивности размножения исследуемых организмов. Для растущей в оптимальных лабораторных условиях популяции бактерий такой единицей может быть час. Для популяций планктонных водорослей – сутки, для многих насекомых – неделя или месяц, а для крупных млекопитающих – год. Рождаемость может быть величиной положительной или равной нулю.

Различают максимальную и экологическую или реализуемую рождаемость. Максимальная рождаемость – это теоретический максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях (когда отсутствуют лимитирующие экологические факторы, размножение сдерживается только физиологическими). Макси-мальная рождаемость постоянна для данной популяции. Экологическая или реализованная рождаемость обозначает увеличение численности популяции при фактических или специфических условиях среды. Эта величина непостоянна и варьирует в зависимости от размера и возрастного состава популяции и физических условий среды.

**Смертность (выживаемость).** Смертность – величина, противоположная рождаемости и может быть определена, как число особей ΔNm, , погибших за время Δt - ΔNm/Δt = d.

Экологическая или реализованная смертность – гибель особей в данных условиях среды. Эта величина непостоянная и изменяется в зависимости от условий среды и состояния самой популяции. Теоретически минимальная смертность величина, постоянная для популяции; она представляет собой гибель особей в идеальных условиях, при которых популяция не подвергается лимитирующим воздействиям. Даже в самых лучших условиях особи будут умирать от старости. Этот возраст определяется физиологической продолжительностью жизни, которая часто намного превышает среднюю экологическую продолжительность жизни. Смертность может быть величиной положительной или равной нулю. Используемая в экологии величина смертности учитывает всех погибших особей независимо от того, умерли ли они от старости или болезней, были ли съедены хищником или погибли от каких-либо других неблагоприятных воздействий (например, отравление пестицидами). Изучая причину смертности, исследователь обычно ищет корреляцию между интенсивностью воздействия предполагаемого фактора (например, активностью хищника) и величиной смертности его жертвы. Разность рождаемости и смертности – это скорость наблюдаемого изменения численности r. Собственно, основное уравнение динамики численности можно записать как r=b – d. Если рождаемость равна смертности (b=d), то численность остается постоянной и популяция находится в стационарном состоянии. Как правило, на небольших интервалах b≠d. Очевидно, что по определению скорость изменения численности может быть положительной, отрицательной или равной нулю.

Смертность, как и рождаемость, особенно у высших организмов, сильно варьирует с возрастом. Целостное представление о смертности в популяциях дают таблицы их структуры по продолжительности жизни особей. Такие таблицы можно составить, если известен возраст умирающих животных или если можно периодически определить возрастную структуру популяции (т.е., % особей различного возраста).

Кривые, построенные на основе таблиц структуры популяции по продолжительности жизни особей, могут быть весьма инфор-мативными. Если данные удельной выживаемости отложены на графике, где горизонтальная координата соответствует интервалу времени, а вертикальная – числу выживших в каждом возрастном интервале, то полученная кривая называется кривой выживания. Такие кривые, построенные в полулогарифмическом масштабе, причем интервалы времени по оси абсцисс отложены, как процент средней продолжительности жизни или как процент общей продолжительности жизни, позволяют сравнивать виды с очень разной продолжительностью жизни. В настоящее время иссле-дователями собран большой материал по кривым выживания для представителей разных групп организмов. Р. Перль, который ввел в экологию в 20-х гг. ХХ-века понятие о кривых выживания, выделил три основных типа их, связанных между собой всевозможными промежуточными вариантами

**

*Возраст, % продолжительности жизни*

*Рис.23 . Разные типы кривых выживания*

Кривая I типа (сильно выпуклая) соответствует ситуации, при которой смертность ничтожно мала в течение большей части жизни, но затем резко возрастает, и все особи погибают за короткий срок. Такое распределение смертности можно наблюдать у дрозофилл, поденок и других насекомых, которые выходят из куколок, через некоторое время спариваются, а после откладки яиц в массе гибнут. К такой кривой приближается кривая выживания человека, а в некоторой степени и кривые выживания крупных млекопитающих.

Кривая П типа (сильно вогнутая) иллюстрирует другой крайний случай – массовую гибель особей в начальный период жизни, а затем относительно низкую смертность оставшихся особей. Примерами этого служат устрицы и другие двустворчатые моллюски, а также дубы: смертность очень велика у свободноплавающих личинок и прорабатывающих желудей, но как только особь хорошо приживается на подходящем субстрате, ожидаемая продол-жительность жизни сильно увеличивается. К промежуточному типу относятся кривые выживания для тех видов, у которых удельная выживаемость для каждой возрастной группы более или менее одинакова, так что в полулогарифмическом масштабе кривые приближаются к диагонали (IY, Y). Такие кривые выживания встречаются среди рыб, птиц, пресмыкающихся, многолетних травянистых растений и т.д., ступенчатый тип (Ш) кривой выживания характерен для видов, у которых выживаемость сильно варьирует на последовательных стадиях жизненного цикла, как это бывает у насекомых с полным превращением, например, у бабочек. На изображенной кривой крутые участки соответствуют стадии яйца, окукливания и короткоживущему взрослому насекомому; пологие соответствуют стадиям личинки и куколки, у которых смертность ниже.

Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и другими способами защиты молоди. Так, кривые выживания пчел и дроздов (которые заботятся о потомстве) значительно менее вогнуты, чем у кузнечиков и сардин (которые не заботятся о потомстве). У них это обстоятельство компенсируется большим числом откладываемых яиц.

**Независимая и зависимая от плотности регуляция численности популяций.** В экосистемах с низким уровнем разнообразия, подверженных воздействию физических стрессов или находящихся под влиянием других нерегулярных или непредсказуемых внешних факторов, размеры популяций обычно зависят от количества и качества этих факторов: погоды, течений, лимитирующих химических факторов, загрязнения и т.п. В экосистемах с высоким уровнем разнообразия, функционирующих в благоприятной среде вероятность периодического физического стресса, такого, как буря или пожар, низка. Регуляция осуществляется, как правило, за счет биологических факторов. Любой фактор, неважно лимитирующий или благоприятный, может быть: 1) независимым от плотности, если его влияние не зависит от величины популяции или 2) зависимым от плотности, если его влияние на популяцию есть функция плотности. Влияние факторов второй группы может быть прямым, т.е., оно обычно усиливается по мере приближения к верхнему пределу плотности, но оно может подчиняться и обратной зависимости.

Общая теория регуляции численности популяций логически вытекает из представления о биологическом потенциале, типах роста и колебаниях относительно уровня емкости среды. Так, рост, соответствующий J-образной кривой, наблюдается тогда, когда независимые от плотности или внешние факторы вызывают замедление или остановку роста. Вместе с тем сиглюидный рост зависит от плотности, так как в данном случае рост популяций регулируется переуплотнением и другими внутренними факторами.

**Структура популяции: агрегация, изоляция**. Для внутренней структуры большинства популяций в разное время характерно образование групп разных размеров. Такие группы возникают: 1) вследствие местных различий условий среды; 2) под влиянием суточных и сезонных изменений погоды; 3) в связи с процессом размножения; 4) в результате социального притяжения (у высших животных). Агрегация может усиливать конкуренцию между особями за питательные вещества, жизненное пространство. Однако это неблагоприятное следствие агрегации более чем уравновешивается тем, что она способствует выживанию группы в целом (защита, изменение микроклимата и т.п.). Степень агрегации, также, как и общая плотность, при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции, варьирует в зависимости от вида и условий, поэтому как «недоселенность» (или отсутствие агрегации), так и перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние. Это принцип Олли. У растения агрегация может возникать под влиянием первых трех их перечисленных факторов, тогда как у высших животных сильно выраженная агрегация может быть результатом действия всех четырех факторов (стада оленей, табуны антилоп, стаи птиц, колонии пчел, термитов и т.п.).

Изоляция возникает как следствие: 1) конкуренция между особями за дефицитные ресурсы; 2) прямого антагонизма, включающего у высших животных поведенческие реакции, а у растений, микроорганизмов и низших животных – химические изолирующие механизмы (антибиотики и аллелопатические вещества). В обоих случаях это может привести к случайному или равномерному распределению, поскольку ближайшие соседи уничтожаются или изгоняются. Активность особей, пар или совместных групп позвоночных и высших беспозвоночных обычно ограничена определенным пространством, которое называется индивидуальным или семейным участком. Если этот участок активно охраняется, то его называют территорией.

Агрегация усиливает конкуренцию, но в то же время создает многочисленные преимущества. Разобщение особей в популяции уменьшает конкуренцию, но, вероятно, приводит к утрате преимуществ, обеспечиваемых групповым образом жизни. Дольше всего будет сохраняться в ходе эволюции такая структура, которая обеспечивает длительное преимущество для жизни вида. Во всяком случае, в природе часто встречается организация обоих типов; фактически в популяциях некоторых видов одна форма поведения сменяется другой. Дрозды, например, занимают изолированные территории в период размножения и собираются в стаи к зиме. Кроме того, особи разного возраста и пола могут вести себя по-разному в один и тот же период (например, у взрослых выражена территориальностью, а молодые образуют скопления).

**Контрольные вопросы:**

1. Что общего и в чем различия экосистемного и популяционного подходов в экологии?
2. Дайте определение понятию «популяция»? Какие новые свойства, как у группового объединения, появляются у популяции?
3. Почему популяция является элементарной единицей вида?
4. Чем вид отличается от популяции?
5. Чем отличается численность от плотности популяции?
6. Как определяется численность и плотность у наземных и водных организмов?
7. В популяциях некоторых видов животных соотношение полов может заметно отклоняться от 1:1? Чем могут объясняться такие отклонения?
8. От чего зависит возрастная структура популяции?
9. Чем отличается «максимальная рождаемость» от «экологической», «максимальная смертность» от «экологической»? Приведите примеры.
10. Назовите типы кривых выживания? Чем объясняются различия в выживаемости у разных видов?
11. Чем отличается логистический рост популяции от экспонен-циального?
12. Каковы природные механизмы регулирования численности популяции?
13. Как влияют на численность популяций независимые и зависимые от плотности факторы?
14. По каким причинам может происходить бесконтрольное увеличение численности видов? Приведите примеры.
15. Какие факторы, зависящие от плотности, могут влиять на численность крупных хищных птиц?
16. Почему колебания численности популяций хищника несколько отстают от колебаний численности жертв?
17. Какие группировки особей известны в популяциях животных?
18. В чем заключается эффект группы?

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ

Пространственная структура популяций выражается характером раз­мещения особей и их группировок по отношению к определённым элементам ландшафта и друг к другу и отражает свойственный виду тип использования территории.

Пространственная структурированность определяет наиболее эффек­тивное использование ресурсов среды (пищевых, защитных, микроклима­тических и др.), а также оптимальный уровень контактов между особями.

Таким образом, пространственная структурированность попу-ляций представляет собой «морфологическую» основу популя-ционного гомеостаза, определяя снижение уровня конкуренции и поддержание устойчивых контактов как функциональных, так и информационных.

Типы пространственного распределения.

Различают равномерный (регулярный), диффузный (случайный) и агрегированный (групповой, мозаичный) типы пространст-венного распределения особей в популяциях (рис.

Равномерный тип распределения (рис.) в идеале характери­зуется равным удалением каждой особи от всех соседних; величина расстояния между особями соответствует порогу, за которым начинается взаимное угнетение. Теоретически этот тип распреде-ления в наибольшей степени соответствует задаче полного использования ресурсов при наименьшей степени конкуренции. В действительности же это редко встречающийся в природе тип распределения. В практике принято считать равномерным (регулярным) пространственное распределение, при котором величина дисперсии меньше среднего расстояния между особями: б2/ m<1. Близкий к этому характер распределения свойственен, например, одновидовым зарослям некоторых растений. Диффузный тип распределения особей встречается в природе значи­тельно чаще. При нём особи распределены в пространстве неравномерно, случайно (рис. Б). Статистически выражается в том, что величина дисперсии примерно равна среднему расстоянию между особями: m В этом случае расстояния между особями неодинаковы, что определяется как вероятностными процессами, так и некоторой неоднородностью среды. Диффузное распределение характерно в частности для животных, у которых социальная связность в пространстве выражена относительно слабо.

Агрегированный (мозаичный)тип распределения выражается в обра­зовании группировок особей, между которыми остаются достаточно большие ненаселённые территории (рис.В). Дисперсия в этом случае превышает величину среднего расстояния между особями: 62/т > 1. Биологически это связано не только с неоднородностью среды, но и с выраженной социальной структурой, действующей на основе активного сближения особей (колонии). Групповой образ жизни энергетически более выгоден (рационален).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| • •••••• • | • | • | • | • • • • |
| ••••••••••• | • | • | • | \* • • • • • • |
| ••••••••••• | • | • • • | • | \* |
| ••••••••••• |  | • • • |  |  |
| •\*\* \* | • |  | \* | • • • |
| А |  |  | Б | В |

*Рис.29. Типы пространственного распределения особей в популяциях: А - равномерное: Б - диффузное; В - мозаичное (П.А.Шилову, 1997)*

Пространственная дифференциация.

Для животных как подвижных организмов ведущее значение в опре­делении характера пространственной структуры популяции имеет степень привязанности к территории. В крайних вариантах это свойство выражает­ся либо оседлым, либо номадным(кочевым) образом жизни; между этими вариантами имеется ряд проме-жуточных.

Оседлым видам свойствен интенсивный тип использования террито­рии (освоение ограниченной территории - участка обитания /включая обустройство убежищ, хранилищ запасов корма и Т.Д./). Номадные виды характеризуются экстенсивным типом исполь-зования территории (с кочёвками на обширных территориях).

Если топография расположения особей - это «морфологический» аспект пространственной структуры популяции, то система взаимоотношений структура») - это функциональный её аспект.

Сочетание этих двух аспектов составляет биологическую сущность понятия структуры популяции животных(И.А. Шилов, 1977, 1985). Представление о пространственно-этологической структуре позволяет объективно определить механизмы, формирую-щие динамическую устойчивость и адаптивный характер струк-туры популяций разных видов животных.

Размеры участка обитания определяются комплексом факторов (обес­печенность кормом, степень разнородности рельефа и др.). Установлена зависимость площади участка от массы тела млекопитающих.

Для оседлых видов животных характерно наличие территориаль-ного поведения (активная защита участка, маркировка границ, территориальный консерватизм /привязанность к месту.

**Функциональная** интеграция.

Функциональная интеграция имеет «центростремительную» направленность в общей системе адаптации обеспечивает реализа-цию функций: воспроизводство, регуляцию плотности населения, реакцию на внешние условия.

В основе механизмов интеграции лежат два взаимосвязанных процес­са: непрерывная информация о месте локализации отдельных особей и их группировок и наследственно детерминированный стереотип поведения, стимулирующего животное к поиску и поддержанию контактов с себе подобными.

Разнокачественность внутрипопуляционных структур.

В наиболее общем виде пространственно выраженная разнокачественность представлена разделением популяции на «ядро» и «периферию». Как правило, ядро популяции представлено относительно устойчивыми, чётко структурированными груп-пировками размножающихся животных в наиболее благоприятных стациях, тогда как в состав периферии входят особи, выселившиеся из ядра и занявшие второстепенные местообитания.

Динамичность пространственно-этологической структуры вида зави­сит от динамичности (сдвигов) и разнообразия внешней среды. Ограниченность пространства и ресурсов закономерно ведёт к форми­рованию иерархии внутри популяций.

**Контрольные вопросы:**

1.Каков адаптивный смысл пространственной структурированности по­пуляции?

2.Назовите три основных типа пространственного распределения осо­бей в популяциях

3.Что означает выражение «пространственно-этологическая струк-тура популяции?»

ГОМЕОСТАЗ ПОПУЛЯЦИИ

Именно в поддержании динамического равновесия со средой заключается принцип гомеостаза популяции как целостной биологической системы.

Всё многообразие механизмов популяционного гомеостаза можно объединить в три важнейшие функциональные категории: 1 - поддержание адаптивного характера пространственной структуры, 2- поддержание генетической структуры, 3 - регуляция плотности населения.

Гомеостатические функции свойственны популяциям всех групп жи­вых организмов, но достаточно хорошо изучены лишь у животных.

**Поддержание пространственной структуры.**

Механизм «индивидуализации» территории присущ оседлым видам. Он включает стереотип территориального поведения (привязанность особей к участку, маркирование границ, тер-риториальная агрессия).

Регуляция территориального поведения во многом обусловлена со­стоянием генеративной системы и гормональным фоном в организме.

Механизмы поддержания иерархии, (системы соподчинения живот­ных, основанной на разнокачественности особей в составе популяции)представлены сложным комплексом поведения и физиологических реакций.

Индивидуальная разнокачественность особей (в частности, по типологическим особенностям возрастным, физическим, половым признакам) - важное условие становления устойчивой иерархии.

**Поддержание** генетической структуры.

Популяция - элементарная единица эволюционного процесса. Генетическая структуря популяции определяется, прежде всего, богатством популяционного генофонда, включающего как общие видовые свойства, так и особенности, возникшие в порядке приспособления популяции к конкретным условиям существования.

Поддержание высокого уровня гетерозиготности (генетической гетерогенности)-непременное условие сохранения устойчивости популяционной системы в колеблющихся условиях среды. Если весь диапазон индивидуальной изменчивости адаптивных свойств в популяции представить в виде вариационной кривой, то её средние (модальные) характеристики отразят «настройку» этих свойств на средние, наиболее типичные и устойчивые условия среды. При изменении этих условий более адаптированными оказываются особи, не входящие в модальную группу, а отклоняющиеся от неё в сторону, адекватную изменённым условиям. Именно эти особи обеспечивают выживание и последующее восстановле­ние популяции.

В механизмах поддержания генетической гетерогенности существен­ное значение имеют иерархия и сексуальное домини-рование, половая избирательность, подвижность и расселение.

**Регуляция** плотности населения. Рациональное использование территории предусматривает опреде­лённое ограничение плотности, рассредоточение особей (групп) в пространстве, в то время как осуществление функций, напротив, требует определённой концентрации особей, обеспе­чивающей устойчивое поддержание контактов. Под населением можно понимать такой её уровень, при котором эти две биологические задачи уравновешены.

Информация о плотности населения имеет сигнальное значение для упреждающей регулирующей реакции, проявляемой до наступления истощения ресурсов (нехватки пищи, убежищ). Все формы плотностно-зависимой информации служат отправным пунктом включения специфических механизмов, регулирующих уро-вень рождаемости, смертности и дисперсии особей в популяции.

Схема популяционной авторегуляции плотности населения у грызунов (по С.А. Шиловой, И.А. Шилову, 1977)





В основе механизмов регуляции плодовитости и смертности ле­жат:

1. химическая регуляция (выделение ингибиторов, подавляющих рост и развитие личинок /наиболее характерно для низших таксонов животных);

2) регуляция через поведение (каннибализм, прекращение заботы опотомстве - более свойственна высшим)

3) регуляция через структуру (действие стресс-фактора с вытеснением части особей за пределы ядра популяции, снижением половой активности, прерыванием беременности, повышением чувствительности к влиянию неблагоприятных факторов среды).

У растений под влиянием плотности меняется распределение питательных веществ, идущих на образование различных органов. Повышение плотности отрицательно сказывается на развитии генератив­ных органов и семенную продукцию. Известно также явление связанное с зависимой от плотности величиной смертности в ценопопуляциях.

В результате комплекса регуляторных процессов открывается воз­можность скомпенсировать уменьшение плотности увеличением индиви­дуального роста. Эта закономерность («константность конечного урожая») установлена для древесных пород и для большого числа видов однолетних растений (J.Harper, 1977).

0БЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОПУЛЯЦИОННОГО ГОМЕОСТАЗА

Принцип гомеостаза биологических систем приложим не только к отдельным процессам, но и к свойствам популяции в целом.

В полном соответствии с правилом двух уровней адаптации самые общие и устойчивые характеристики популяций отражают их приспособленность к средним, длительно сохраняющимся или периодически повторяющимся условиям среды морфо-биологический тип животных, ритм жизненных явлений, средние индивидуальных территорий, степень подвижности особей, сезонная динамика пространственной структуры, средний уровень плодовитости).

Механизмы формирования и закрепления уровня стабилизации наиболее генеральных свойств основываются в первую очередь на генетических (связанных с определённой степенью изоляции) и микроэволюционных процессах.

Изменчивость, динамичность конкретных условий жизни вызы-вают формирование лабильных функциональных адаптации, действующих на данном уровне стабилизации популяционных функций и поддерживающих этот уровень. Механизмы таких адаптации основаны на эколого-физиологических процессах, действующих по принципу обратной связи: в ответ на внешние или изменения они вызывают адекватные сдвиги во отношениях, продолжающиеся до тех пор, пока не восстановятся «уравновешенные» отношения между популяцией и средой. Именно лабильные процессы придают определённую устойчивость системам на фоне изменчивых условий их жизни.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите три группы механизмов гомеостаза популяций
2. Каковы механизмы поддержания пространственной структуры попу­ляций у животных?
3. Каковы механизмы поддержания генетической структуры популяций у животных?
4. Каковы механизмы поддержания плотности населения популяций у животных?
5. Опишите общие принципы популяционного гомеостаза

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ И ЕЁ ДИНАМИКА

Численное соотношение различных категорий организмов в со­ставе населения рассматривается как демографическая структура популяции. При этом в первую очередь имеется в виду соотношение половых и возрастных групп; изменения этих показателей существенным образом влияют на темпы репродукции, а соответственно на общую численность популяции и её изменения во времени.

Возрастная структура популяции определяется соотношением воз­растных групп (когорт) организмов в составе популяции (рис… ). Особенно характер на разнокачественность сезонных возрастных когорт у видов, размножающихся неоднократно в течение года (грызуны и др.). Возрастные спектры меняются во времени, что, в частности, связано с различием уровней смертности в разных возрастных группах.

Анализ параметров выживания и смертности в разных возрастных группах открывает возможность расчёта ожидаемой продолжительности жизни особей данной возрастной когорты. Составленные по основным демографическим параметрам таблицы выживания (life tables) могут служить основой анализа и прогнозирования популяционной динамики.

Различные по своим свойствам когорты играют неодинаковую роль в жизни и динамике популяций.

Половая структура популяции - соотношение полов (особей разного пола) в популяции тесно связана с возрастной структурой.

В связи с возрастом различают первичное, вторичное и третич-ное соотношение полов. Первичное соотношение полов определяется чисто генетическими механизмами, основывающимися на разнока-чественности половых хромосом (Х-и Y - хромосомы).



*Рис.31.Три типа возрастных пирамид, характеризующих популяции: А - высокой, Б- умеренной, В - малой численностью (в %) молодых особей*

При теоретическом статистически равном соотношении полов в по­томстве в момент оплодотворения фактически (под действием целого комплекса факторов) наблюдается смещение пропорции так, что вторич­ное соотношение полов отличается от генетически детерминированного. Третичное соотношение полов характеризует этот показатель среди взрослых животных и складывается в результате дифференцированной смертности самцов и самок в ходе онтогенеза.

В.Н. Большаков и Б.С. Кубанцев (1984) выделяют четыре типа дина­мики половой структуры:

1. неустойчивый половой состав популяции (у животных с коротким жизненным циклом);
2. с преимущественным преобладанием самцов на фоне колеблюще­гося полового состава (у животных не образующих крупных скоп­лений /хищные
3. с преимущественным преобладанием самок в третичной структуре на фоне примерно равного соотношения полов во вторичной структуре (копытные, ластоногие);

4) с относительным постоянством половой структуры при приблизительно одинаковом количестве самцов и самок (выхухоль, крот, бобр).

Таким образом, половая структура популяции лишь в самом обоб­щённом виде может быть представлена средним численным соотношением самцов и самок. Реально она характеризуется соотношением полов в различных возрастных группах и отражает не только интенсивность размножения, но и общий биологический потенциал популяции: ход численности, продукцию биомассы, уровень популяционных энергозатрат и др.

Репродуктивный потенциал и рост популяции

*Рисунок 32. Естественный рост популяции (А) никогда не реализуется в форме экспоненциальной модели (Б), А) Логистическая модель роста популяции* (S- *образная кривая), Б)Экспоненциальная модель роста численности популяции одноклеточного организма, делящегося каждые 4 ч (по A.M. Гиля-рову, 1990)*

В

А

Наиболее близко естественный рост численности отражает логисти­ческая модель роста популяции, в которой изменения численности вовремени выражаются S - образной кривой, форма которой определяется зависимой от численности величиной соотношения рождаемости и смертности в условиях ограничения верхнего порога численности внешними условиями. Уравнение логистической кривой (динамика роста численности популяции в промежуток времени Г) выглядит следующим образом:

dN f K-N  
 = Гmax NJ L ,

dt у К

где Tmax - удельная скорость роста в условиях исходной (минимальной) численности; по мере увеличения удельной скорости роста значение «мгновенной» скорости роста (г) падает. N означает численность, аК - её предельную в данных условиях величину, отражающую экологи­ческую «ёмкость угодий». Этот конечный уровень отражает уравновешен­ность процессов рождаемости и смертности в соответствии с наличными пищевыми и иными ресурсами среды.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ЦИКЛЫ

Характер закономерных изменений численности видоспецифичен и в целом связан с особенностями биологии вида, его физиологии и места в естественных экосистемах. Для млекопитающих С. А. Северцов (1941, 1942) выявил семь типов динамики населения, связанных с такими видовыми особенностями, как продолжительность жизни, сроки полового созревания, число помётов в год и количество детёнышей в помёте, а также подверженность эпизоотиям и средняя степень истребления хищниками. В наиболее обобщённом виде (Н.П. Наумов, 1953) эта схема может быть представлена тремя фундаментальными типами динамики населения:

1) Стабильный тип характеризуется малой амплитудой и длительным периодом колебаний численности. Такой тип динамики свойствен крупным животным с большой продолжительностью жизни, низкой нормой естественной смертности, поздним наступлением полово-зрелости и низкой плодовитостью (имеющим эффективные механизмы адаптации к действию неблагоприятных факторов). Примером могут служить копытные млекопитающие (период колебания численности 10-20 лет), китообразные, крупные орлы, некоторые рептилии и др.

2) Лабильный тип динамики отличается закономерными колебаниями численности с периодом порядка лет и более значительной амплитудой (численность меняется в десятки раз). Характерны сезонные изменения обилия, связанные с перио-дичностью размножения. Такой тип динамики характерен для животных разного, но, как правило, не крупного размера с более коротким сроком жизни (до 3 лет) и соответственно более ранним половым созреванием и более высокой плодовитостью, чему представителей первого типа. Повышена и средне-видовая норма гибели.

К этому типу динамики из млекопитающих относятся крупные грызуны, зайцеобразные, некоторые хищные; таков же общий характер динамики населения у многих птиц, рыб, насекомых с длинным циклом развития и некоторых других животных.

3) Эфемерный тип динамики отличается резко неустойчивой численностью с глубокими депрессиями, сменяющимися вспышками «массового размножения», при которых численность возрастает подчас в сотни раз. Перепады её от минимума до максимума осуществляются очень быстро (иногда в течение одного сезона); столь же быстро происходит спад численности, который в таком случае часто «крахом популяции». Общая длина цикла обычно составляет до 4-5 лет, в течение которых «пик» численности занимает чаще всего не более одного года; у некоторых животных (например, у мелких грызунов) на эти короткие циклы «накла­дываются» более продолжительные (10-11лет, но часто такие «большие волны») более выражены охваченным вспышкой пространством, чем уровнем численности. Резко выражены сезонные колебания обилия особей. Такой тип характерен для короткоживущих (не более 3 лет) видов с несовершенными механизмами индивидуальной адаптации и соответст­венно с высокой нормой гибели. Это некрупные животные, отличающиеся большой плодовитостью. Наиболее характерен такой тип динамики для мелких грызунов и многих видов насекомых с коротким циклом развития, но встречается и в других группах животного мира.

Разработанная С.А. Северцовым схема хорошо показывает связь ти­па динамики численности с особенностями биологии отдельных видов и групп животных, наглядно демонстрируя, что изменения численности отражают интегральный эффект всех форм взаимодействия вида с абиотическими, биотическими и антро-погенными факторами среды.

Разные типы динамики фактически отражают разные жизненные стратегии. Именно эта мысль лежит в основе концепции эколо-гических стратегий, разработанной Р. Мак-Артуроми и Э. Уилсоном (R.MacArthur, Е. Wilson, 1967) и получившей широкое признание в современной экологии. Суть этой концепции сводится к тому, что успешное выживание и воспроизводство вида возможно либо путём совершенствования адаптированности организмов и их конкурентоспособности, либо путём интенсификации размножения, что компенсирует повышенную гибель особей и в критических ситуациях позволяет быстро восстановить численность. Аналогичные жизненные стратегии свойственны также и растениям (Л.Г. Раменс-кий, 1938; Б.М. Миркин, 1985 и др.).

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ЗАКОНЫ

* Правило объединения в популяции.
* Принцип минимального размера ПОПУЛЯЦИИ..
* Закон (правило) популяционного максимума Ю. Одума.
* Теория лимитов популяционной численности, или теория X. Андре-Л. Бирча.
* Теория (принцип) биогеоценотической (экосистемной) регуляции численности популяции К. Фридерихса.
* Правило пищевой корреляции В. Уини - Эдвардса.
* Теория (принцип) Д. Лэка.
* Правило стрессо-генного увеличения надпочечников Я. Кристиана.
* Теория общего адаптационного синдрома Г. Селье.
* Теория Дж. Кристиана - Д.Дейвиса.
* Правило сохранения видовой среды обитания.

Правило колебаний (цикличности) численности.

* Правило максимума размеров колебаний плотности популяционного населения.
* Правило максимальной рождаемости (воспроизводства.
* Правило стабильности половозрастной структуры популяции.
* Принцип территориальности.
* Принцип скопления (агрегации) особей В. Олли.
* Правило топографического, или популяционного, кружева ареала.
* Принцип стабилизации экологической ниши, или принцип биоценотической коэволюции
* Принцип, или теорема В. Людвига.

• Теория (принцип) А. Николсона. Популяция суть стабильные системы, способные противостоять факторам внешней среды и контролировать (компенсировать) эти факторы изменением своей плотности населения/. Изменяя среду жизни популяций, человек дол­жен ожидать компенсационных процессов. Не всегда они в его инте­ресах.

Термин «популяция» происходит от латинского слова pоpullus (народ, население).

С экологической точки зрения П0ПУЛЯЦИЯ - это группировка особей одного вида, населяющих определённую территорию и характеризую­щихся общностью морфо-биологического типа, специфичностью генофонда и системой устойчивых функциональных взаимосвязей [9].

Сложность представления о популяции определяется двойст-венно­стью её положения в рядах иерархически соподчинённых биологических систем, отражающих различные уровни организации живой материи (рис.). С одной стороны, популяция включается в генетико-эволюционный ряд, отражающий филогенетические связи таксонов разного уровня как результат эволюции разных форм жизни: организм - популяция- вид -род -царство.

В этом аспекте наиболее значимые свойства популяции характери­зуются её генетической спецификой: общность и спе-цифичность генофон­да определяют адаптированность всех особей и популяции в целом к конкретным условиям среды, чем обеспечивается устойчивое выживание и воспроизведение вида. Популяция выступает не только как форма существования вида, но и как элементарная единица его эволюционного преобразования в условиях меняющейся среды.

Одновременно с этим, представляя вид в конкретных условиях среды, популяция вступает в трофические и иные отношения с популяциями других видов, т.е. включается в состав конкретного биогеоценоза. Этот подход к системам отражает функционально-энергетический ряд различных уровней организации жизни: организм -популяция - биогеоценоз - биосфера.

В этом ряду популяция выступает в качестве функциональной субсис­темы конкретного биогеоценоза; её функция - участие в трофических цепях - определяется видоспецефическим типом обмена.

«Двойственная» природа популяционных систем заключается ещё и в биологической противоречивости их функций: генетическая однородность особей обостряет внутривидовую конкуренцию. Адаптации, направлен­ные на снижение уровня конкуренции, приводят к разобщению особей в составе популяции при сохранении минимума необходимых связей. Разрешение этих противоречий - основа структурированности популяционных систем, поскольку поддержание оптимального соотношения между процессами дифференциации и интеграции идёт на основе пространственной и функциональной неоднородности распреде­ления и взаимосвязей особей в составе целостной популяции.

О ПОПУЛЯЦИЯХ У РАСТЕНИЙ

Для обозначения популяции растений принят термин «ценопопуляции» (ценотическая популяция).Существенная специ-фика ценопопуляции заключается в том, что они составлены прикреплёнными формами. В связи с модульной структурой тела растений в качестве структурных элементов ценопопуляции могут выступать как особи семенного происхождения, так и особи вегетативного происхождения (партикулы), клоны (совокупность особей вегетативного происхождения) и даже часть особи (фитомер, побег, лист, парциальный куст).

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение популяции
2. Каковы качественные отличия уровня популяции от организ-менного уровня?
3. Назовите системные свойства популяции
4. 4.Какова структура экологической популяции?
5. В чём заключается двойственность природы популяционных систем?
6. В чём заключается специфика ценопопуляции?

7.Сформулируйте определение возрастной структуры популяции

8.Назовите и охарактеризуйте три типа возрастных пирамид

9.Сформулируйте определение половой структуры популяции

10.В чём проявляется динамика половой структуры популяции?

11.Как оценивается и прогнозируется репродуктивный потенциал и рост популяции?

12.Назовите и охарактеризуйте три фундаментальных типа динамики на­селения

**РАЗДЕЛ VI. БИОСФЕРА И ОХРАНА ПРИРОДЫ**

Экосистемой глобального ранга на Земле является **биосфера** – совокупность всех проявлений жизни, взятая в единстве – с той частью неорганической природы, которая является вместилищем жизни в планетарном масштабе. Понятие о биосфере было введено австрийским геологом Э. Зюссом в 1875году. Целостное учение о биосфере было развито русским ученым В.И. Вернадским в 1926 году, который положил начало ее геохимическому изучению. Основу этого учения составляют законы взаимодействия и динамического равновесия вещества и энергии в земной оболочке, занятой совокупностью всех живых организмов, которую ученый назвал **живым веществом**. Это живое вещество, не превышая по весу и десятых долей процента биосферы, превращается в самую внушительную силу на планете, материально и энергетически определяя ее функции.

По последним данным **пространственно** биосфера имеет толщину около 30 км. Принято считать, что нижняя граница биосферы в среднем лежит на глубине 5 км от поверхности суши и 0,5 км ниже дна океана. Верхняя граница находится на высоте до 20 км над поверхностью земли (на уровне озонового слоя). Биосфера включает три пояса фазового состава вещества: твердого (литосфера), жидкого (гидросфера) и газового (атмосфера). Приблизительная масса биосферы составляет 0,05% массы Земли, ее объем – 0,4% объема планеты.

**Структура** современной биосферы представляет собой сложную многокомпонентную систему – совокупность газообразной, твердой и биологической организаций. Она характеризуется строгой организованностью, биологическим равновесием численности и взаимной адаптированностью составляющих ее организм.

В.И. Вернадский подчеркивал, что биосферу нужно рассматри-вать, как целостную геологическую оболочку Земли, весьма сложную, саморегулирующуюся систему, состоящую из живого вещества и неживой материи. В состав ее, кроме **живого** вещества (растительного и животного мира, микроорганизмов), входят:

а) **биогенное** вещество (или области «былых биосфер»), т.е., продукты жизнедеятельности живых организмов – гумус почв, каменный уголь, торф, нефть и т.д.;

б) **биокосное** вещество – осадочные породы, приземная атмосфера и прочие компоненты, которые созданы в прошлом организмами, т.е., продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами;

в) **косное** вещество – горные породы магматического, неорганического происхождения, вода, а также переработанные и видоизмененные живыми организмами вещества космического происхождения (космическая пыль, метеориты и т.п.).

Основной **функцией** биосферы является непрерывное создание нового органического вещества. Образование последнего – это связывание организмами-автотрофами (роль которых выполняют, в основном, зеленые насаждения) исходных минеральных соединений и формирование с помощью солнечной энергии сложных, богатых кинетической энергией органических веществ. По мнению В.И. Вернадского, в современную эпоху организмы наступательно действуют по отношению к неживой природе, отвоевывая все новые места обитания, расширяя тем самым границы биосферы.

Процесс создания органического вещества в биосфере протекает одновременно с противоположными процессами потребления и разложения гетеротрофными организмами на исходные минеральные соединения (вода, углекислый газ и др.). Так осуществляется круговорот органического вещества в биосфере при участии всех населяющих ее организмов, получивший название **малого** (или биологического) **круговорота** веществ и потока энергии в отличие от вызываемого солнечной энергией **большого** (или геологического) **круговорота**, наиболее ярко проявляющегося в круговороте воды и атмосферы. Малый круговорот составляет основу биосферы и развивается на основе большого. Сущность круговорота состоит во взаимодействии синтеза и разложения органического вещества и заключается в непрерывной циркуляции вещества между почвой, растениями, микроорганизмами и животными.

Скорость биологических круговоротов на суше составляет годы и десятки лет, а в водных экосистемах – несколько дней или недель. Особенно большую роль в объединении всех материков и океанов в единый круговорот биосферы играет циркуляция атмосферы и воды. Весь кислород атмосферы проходит через живое вещество за 3000 лет, а весь углекислый газ – 300 лет. Углекислота совершает полный биохимический цикл в течение 300 лет, а вся вода на земном шаре – за 3 тысячи лет. Локальные круговороты осуществляются значительно быстрее. Атмосфера, океан и осадочные породы служат долговременными резервуарами биогенных элементов.

Биосфера выступает как огромная, чрезвычайно сложная экосистема, работающая в стационарном режиме на основе тонкой регуляции всех составляющих ее частей и процессов.

Как показывают исследования, по крайней мере, последние 100 млн лет (начиная с кембрия) характер основных круговоротов на Земле существенно не менялся. Осуществлялись фундаментальные геохимические процессы, характерные и для современной эпохи. Менялись лишь скорости этих процессов. По-видимому, не менялся и общий поток атомов, вовлекаемых в живые организмы. Считают, что масса живого вещества оставалась приблизительно постоянной (начиная с карбона), т.е., биосфера с тех пор поддерживает себя в определенном режиме круговоротов. Стабильное состояние био-сферы обусловлено, в первую очередь, деятельностью живого вещества, обеспечивающей определенную скорость фиксации сол-нечной энергии и биогенной миграции атомов.

Общество и природная среда органично взаимосвязаны, в результате этого взаимодействия возникает качество, неприсущее ни обществу, ни природе в отдельности. «Биосфера, - писал В.И. Вернадский, - перешла или, вернее, переходит в **новое эволюционное состояние** – в **ноосферу**, перерабатывается научной мыслью социального человечества». Ученый считал, что с возникновением человека и развитием его производственной деятельности человечество становится основным геологическим фактором во всех происходящих в биосфере планеты изменениях, приобретающих глобальный характер. Поскольку эти изменения возникают как проявление разумной деятельности людей, ученый и предложил понятие **ноосфера** (от греческих «noos» – разум и «sphaira» – шар). Таким образом, под ноосферой следует понимать целостную геологическую оболочку Земли, населенную людьми и рационально преобразуемую ими. Это понятие отражает **будущее состояние** разумно организованной природы, новый этап развития биосферы.

**Контрольные вопросы:**

1. Охарактеризуйте важнейшие специфические черты биосферы.
2. Какова основная сущность учения В.И.Вернадского о биосфере?
3. Что является основной функцией биосферы?
4. Какова роль живого вещества в биосфере?
5. В чем отличие большого (геологического) круговорота веществ от малого (биологического)?
6. В чем заключается биосферная функция человека?
7. Как вы представляете становление ноосферы?

БИОСФЕРА КАК СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

Биосфера как арена жизни. Биосфера–глобальная экологическая система, особая оболочка Земли, сфера распространения жизни, состав, структура и энергетика которой обусловлены прошлой и современной деятельностью живых организмов, границы которой определяются наличием пригодных для организмов абиотических условий: температуры, жидкой воды, состава газов, солёности вод, элементов минерального питания.

Биосфера- «область жизни», пространство на поверхности зем­ного шара (охватывающее нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю Часть литосферы), включающее всю Совокупность живых организмов (живого вещества планеты), а также область былых биосфер, т.е. сферу и продукты жизнедеятельности всей совокупности живых организмов за всю историю существования жизни на Земле.

Термин «Биосфера» был введён в 1875 г. австрийским геологом Эду­ардом Зюссом. Обсуждая особенности Земли как планеты, он писал: «Одно кажется чужеродным на этом большом, состоящем из сфер небесном теле, а именно органическая жизнь... На поверхности материков можно выделить самостоятельную биосферу». Э.Зюсс, таким образом, рассматри­вал биосферу в чисто топологическом смысле как пространство, заполненное жизнью. Термин вошёл в обиход, не имея чёткого определе­ния.

Ещё Ж.Б.Ламарк, в 1802г. не употребляя термина «биосфера», отме­тил планетарную роль жизни в формировании земной коры, как в настоя­щее время, так и в прошлые этапы истории планеты, предвосхитив, таким образом, современный взгляд на это понятие. На рубеже XIX-XX вв. идея о глобальном влиянии жизни на природные явления была обоснована в трудах учёного - почвоведа В.В. Докучаева.

Развёрнутое учение о биосфере создано и разработано академиком В.И.Вернадским, опубликовавшим в 1926г. свой классический труд «Биосфера». Он доказал, что все три оболочки планеты связаны воедино и приобрели современный облик и состав благодаря грандиозной преобразующей работе живых организмов. Они многократно пропустили через себя весь объём мирового океана, создали почву, наполнили атмосферу Земли кислородом, оставили после себя километровые толщи осадочных пород и топливные богатства недр.

По В.И.Вернадскому в состав биосферы кроме активного живого вещества-растений, животных и микроорганизмов - входит биогенное вещество - остатки организмов на разных стадиях деструкции, органические и минеральные продукты жизнедеятельности (осадочные породы органического происхождения, кислород, углекислота, уголь, углеводороды и другие ископаемые биогены) и биокосное вещество - продукты переработки горных и осадочных пород живыми организмами.

Суммарная биомасса всех организмов биосферы в пересчете на су­хое вещество оценивается величиной в 2 трлн. т., причём 98% её представ­лено биомассой наземных растений. Если мысленно всё живое вещество равномерно распределить по поверхности планеты, то получится слой толщиной около 2 см.

км

Мезосфера

0

---------------------------

Эубиосфера

Марианскаявпадина

11

Метабиосфера

км нефть в толще недр

15

-77 (обнаружены жизнеспособные микроорганизмы)

Озоновый экран (8-10км на полюсах,15-18– экваторе)

8,848 км (в ледниковой зоне)

7- граница обитания позвоночных,

6- граница распространения высших растений

*Рис.24. Эубиосфера (вертикальный срез биосферы)*

К собственно биосфере (эубиосфере) относят те участки, где есть ус­ловия не только для выживания, но и для размножения живых существ, -это поле существования жизни. К нему прилегают области, в которых живые существа находятся в угнетённом состоянии и не могут размно­жаться (поле устойчивости жизни).Поле существования жизни определяют, как минимум пять усло­вий:**1) Д**остаточное количество кислорода и углекислого газа. Живые существа адаптированы к современному составу и давлению воздуха. Весовая концентрация кислорода на уровне моря составляет 299г/м3, на высоте 20 км это уже соответственно парциальное давление 160 мм и 8,7 мм. Поэтому на высоте 20 км при таком низком парциальном давлении жизнь невозможна, хотя количество кислорода по объёму осталось тем же, что и на уровне моря - 20,95%. Парциальное давление углекислого газа на больших высотах (выше 6 км) меньше, чем необходи­мо. 2)Достаточное количество жидкой воды. 3) Благоприятные температуры, исключающие денатурацию белков (до 100 С°) и обеспечивающие необходимую скорость ферментных. 4)Прожиточный минимум минеральных веществ.**5)Солёность** среды. Там, где концентрация солей примерно в 10 раз выше, чем в морской воде, жизни нет. Лишены жизни подземные воды с концентрацией солей выше 270 г/л.

Функциональные связи в биосфере. Три составные части биосферы - гидросфера, атмосфера и литосфера тесно взаимосвязаны друг с другом, составляя вместе единую генераль­ную саморегулирующуюся экосистему, обеспечивающую устойчивый глобальный круговорот веществ.

Почва-особоеоргано-минералъное(биокосное)естественно-историческоеприродное образование, возникшее в результате воздействия живых организмов на минеральный субстрат и разложения мёртвых организмов, влияния природных вод и атмосферного воздуха на поверхностные горизонты горных пород.

Функционльная связь почвы с гидросферой заключается в выносе почвенных вод в водоёмы. Переносимые с водой почвенные соединения участвуют в формировании биопродуктивности водоёмов.

Свойства почвы образуют «барьер», защищающий водоёмы от загрязнений.

Растения могут извлекать из почвы минеральные вещества только в виде ионов растворимых солей. Эти ионы быстро вымывались бы из почвы, если бы не были прочно связаны со стабильными почвенными частицами. Глина и гумус вступают в тесное взаимодействие, образуя глинисто-гумусовый комплекс, составленный частицами - мицеллами. Поверхность каждой такой сложной частицы имеет многочисленные отрицательно заряженные участки притягивающие положительно заряженные ионы - кальций, магний и калий и таким образом удержи­вающие их в почве (рис25) Подвижность ионов в почве и дифференцировка горизонтов почвенного профиля обусловлены притоком водородных ионов угольной кислоты, которые в составе угольной кислоты непрерывно поступают с дождевой водой в верхние слои почвы. Ионы водорода вытесняют из мицеллы ионы кальция и других элементов, которые затем вымываются из почвы в грунтовые воды.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Н |  |
|  | Са +- +- -+NH4 |  |
|  | !>--'■ |  |
| К |  |  |
|  | Глинисто- |  |
| H + -f |  | \ - + Na |
| гумусовая |
| NH4-k | мицелла |  |
|  |  |  |
|  | Mg+^~ | -+ |
|  | -+ |  |
|  | Са |  |

*Рис.25. Схематическое изображение глинисто-гумусового комплекса(мицеллы), на поверхности которого имеются отрицательные заряды, притягивающие ионы водорода минеральные ионы (поР.Риклефсу,1979)*

Поглощая и отражая солнечную энергию, почва выступает как мощный фактор энергетического баланса биосферы и связывается с атмосферными процессами (регулирование влагооборота и газового режима атмосферы).

С литосферой почва связана наиболее прямым путём: она возникла из верхних слоев литосферы и своей жизнедеятельностью способствует дальнейшему геохимическому преобразованию этих слоев. В то же время почва служит источником вещества для образования минералов, горных пород, полезных ископаемых и способствует переносу аккумулированной солнечной энергии в глубокие части литосферы. Все эти процессы можно рассматривать как глобальные функции почвы, имеющие общебиосферное значение.

Таким образом*,* значение почвы в биосфере можно определить как связующее звено биологического и геологического круговоротов.

ВОДА И ВОЗДУХ

Во-первых, связь гидросферы атмосферой осуществляется в форме круговорота(осадки испарение).

Во-вторых, это энергетические связи как прямые - через тепловое излучение, так и опосредованные - через процессы фотосинтеза.

В-третьих, существуют химические связи: растворение в водах 02 и СО2. Этот процесс поддерживает систему динамического равновесия в водной среде по принципу:

Атмосфера С,О, Н, NH

ОкеанСО2+Н2О +НСОз+НСОз+ 211

Эта система имеет решающее значение в формировании условий жизни гидробионтов. Особое положение в качестве планетарной функции имеют многочисленные и разнообразные живые организмы (живое вещество). Масса живого вещества в биосфере по некоторым подсчётам (по И.А.П1илову, 1997) составляет около 2400 млрд. т, что соответствует всего лишь 1/2100 массы атмосферы Земли. Общая толщина биосферы - порядка 1/320 радиуса Земли (1/325 с учётом атмосферы) - характеризует её как тонкую плёнку на поверхности планеты. Тем не менее, именно биосфера превращает её в уникальное по своим свойствам небесное тело.

Это объясняется высокой химической активностью живого вещества. Химические (биохимические) реакции, протекающие в живых организмах, осуществляются с участием мощных биоло-гических катализаторов -ферментов - и по скорости в тысячи раз превосходят реакции в неорганическом мире. Кроме того, участие ферментов сдвигает температурные и иные условия реакций. Жиры и углеводы, например, окисляются в организмах при температуре до 37°С, тогда как в абиотических условиях те же реакции требуют высокой температуры(порядка 400-500°С). Промышленный синтез аммиака из молекулярного азота происходит при температуре 500°С и давлении 300-500 атм; микроорганизмы реализуют эту реакцию при нормальных температуре и давлении. На фермента-тивных реакциях в живых организмах базируется глобальный биологический круговорот, о масштабах которого можно судить по темпам оборота кислорода и углекислого газа в процессе фотосинтеза (табл.3)

*Таблица3*

*Продуктивность фотосинтеза в биосфере ( X 10 т/год)*

*(по С.В.Войткевйч, 1995)*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Биоциклы | Используется, поглощается | | Создаётся, выделяется | |
| СО2 | Н2О | СпНгпОп | О2 |
| Суша | 253 | 103,5 | 172,5 | 184 |
| Океан | 88 | 36 | 60 | 64 |
| Всего | 341 | 139,5 | 232,5 | 248 |

Высокая химическая активность живого вещества способствует также постоянному вовлечению в круговорот элементов, активно извлекаемых из горных пород.

На высокой активности живого вещества основываются ипроцессы в биосфере (поддержание озонового экрана за счёт продукции кислорода, обеспечение постоянства минерального состава океанических вод в результате деятельности организмов и др.).Высокая способность биосферы как целостной системы к саморегуляции лежит в основе гипотезы «Геи», согласно которой живой мир Земли рассматривают как единый сверхорганизм(J.Lovelock, 1986), неразрывно связанный с неживым окружением и постоянно поддерживающий выгодные условия собственного существования.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМКРНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОСФЕРЫ И БИОСФЕРЫ

Биосфера - высший уровень иерархии экосистем нашей планеты, и естественно, её законы функционирования справедливы и для ниже расположенных уровней в этой иерархии, хотя имеется и специфика(биосфера более закрытая система, чем её подразделения).

Биосферу, как и любую другую систему, формируют не только и не столько внешние факторы, сколько внутренние закономерности. Эти закономерности представлены ниже в соответствии с аксиомой иерархической организации, или принципа уровней подсистем различного функционального значения.

* Аксиома иерархической организации
* Закон преломления космических воздействий
* биотическая (биогеохимическая) миграция атомов В.И.Вернадского
* Правило незамкнутости биотических (биогеохимически) круговоротов
* Закон константности количества живого вещества В.И.Вернадского
* Закон физико-химического единства живого вещества
* Закон сохранения структуры биосферы, или первый закон экодинамикию. Голдсмита
* Закон стремления к климаксу, или второй закон экодинамики Ю. Голдсмита
* Принцип системной дополнительности
* Правило автоматического поддержания глобальной среды обитания

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ.** Эволюцию биогеоценозов, или экосистем, называют также экогенезом совокупностью процессов и закономерностей необратимого направленного развития и смены биогеоценозов и биосферы в целом. Сущность экогенеза проявляется в способности сообществ организмов преобразовывать среду своего обитания и впоследствии изменять свой состав, структуру и продуктивность в направлении большего соответствия изменившимся условиям среды.

* Принцип Реди. Живое происходит только от живого, между живым и неживым веществом существует непроходимая граница, хотя И имеется постоянное взаимодействие/.
* Экоисторический (геоисторический) принцип
* Закон глобального замыкания биогеохимического круговорота
* Теорема порога возрастания энтропии в биосфере К.С. Тринчера
* Принцип (правило) катастрофического толчка
* Принцип прерывности и непрерывности развития биосферы
* Правило одного процента
* Правило десяти процентов
* Правило константности числа видов в ходе стационарной эволюции биосферы
* Правило множественности экосистем
* Множественность конкурентно взаимодействующих экосистем обязательна для поддержания надёжности биосферы/.

СИСТЕМНОСТЬ ЖИЗНИ

Биосфера как целостная система. Системность жизни и биосферы определяется их общесистемными свойствами (тройственное единство вещества, энергии, информации; структурно - функциональная организация); иерархичность под систем (генетические, клеточные системы; системы органов, организмов); системы; взаимодействие; развитие и т.д.). Характерными свойствами организмов являются: структурная орга­низованность, обособленность, неделимость, видовая специфичность, самовоспроизводимость, потребление энергии, обмен веществ (Б.М. Медников, 1994).

Основные функции живого вещества: энергетическая, деструктив­ная, концентрационная, средообразующая (А.В. Лапо, 1987).

Исключительные свойства живого вещества: существование в форме чередования поколений; большое химическое разнообразие, высокая скорость химических реакций, свободная энергия, стремление заполнить всё свободное пространство (Н.М. Мамедов, И.Т. Суравегина, 1996).

Жизнь–самоподдержание, самовоспроизведение и саморазвитие больших систем, состоящих из сложных органических молекул. Возникает в результате обмена веществ внутри этих молекул и между ними, а одновременно и с внешней средой на основе затраты получаемой извне энергии и информации.

Жизнь – особая форма физико-химического состояния и движения материи, характеризуемая зеркальной аминокислот и сахаров, обменом веществ, гомеостазом, раздражимостью, самовоспро­изведением, системным самоуправлением, самораз-витием, приспособляе­мостью к среде (адаптацией), обычно подвиж-ностью, физической и дискретностью отдельных индивидов или их общественных конгломератов (пчёлы, муравьи, термиты, кораллы и др.),исключительным разнообразием форм при общем физико-химическом единстве живого вещества биосферы. Важнейшими носителями жизни белки и кислоты представляет собой единую систему, состоящую из многих подсистем, которая существует в рамках ограничений, диктуемых Солнечной системой и её местом во Вселенной, а также развитием самой планеты Земля. Взаимосвязи внутри системы жизни тесны и исчезновение даже одного вида влечёт за собой вымирание многих взаимосвязанных организмов [6].

ОБЩЕСИСТЕМНЫЕ ОБОБЩЕНИЯ

Биосфера - глобальная экосистема в полной мере характеризуется общим определением экосистемы:

**- э**кологическая система- информационно саморазвивающаяся, термодинамически открытая совокупность биотических экологических компонентов и абиотических источников вещества и энергии, единство и функциональная связь которых в пределах характерного для определённого участка биосферы времени и пространства (включая биосферу в целом)

- обеспечивает превышение на этом участке внутренних закономерных перемещений вещества, энергии и информации над внешним обменом (в том числе между соседними аналогичными совокупностями) и на основе этого неопределённо долгую саморегуляцию и развитие целого под управляющим воздействием биотических и биогенных составляющих.

Сложение систем:

* Аксиома системной целостности
* Закон подобия части и целого
* Аксиома эмерджентности
* Закон необходимого разнообразия
* Закон (правило) полноты составляющих

•Принцип перехода избыточности в самоограничение

•Закон (правило) перехода в подсистему, или принцип кооперативности

•Закон оптимальности

•Правило системно-динамической комплементарное и внутреннее развитие систем.

•Закон векторного развития (развитие однонаправлено)

* Закон усложнения системной организации К.Ф. Рулье
* Биогенетический закон (Ф. Мюллера -Э. Геккеля)
* Системо-генетический закон
* Закон анатомической (структурной) корреляции (Ж. Кювье )

•Закон синхронизации и гармонизации системных составляющих, иерархия систем;

• Принцип иерархической организации и интегративных уровней

• Закон периодичности строения системных совокупностей, или системо - периодический закон

Отношения "система - среда"

• Закон развития системы за счёт окружающей её среды

• Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем (и внутри системы)

* Закон функционально-системной неравномерности
* Правило затухания процессов

• Закон растворения системы в чужой среде Г.Ф. Хильми

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте определение биосферы
2. Изобразите вертикальный профиль биосферы Земли
3. Каковы основные положения учения В.И.Вернадского о биосфере
4. Опишите функциональные связи в биосфере
5. Охарактеризуйте процесс биосферогенеза

6. В чём проявляются системные свойства биосферы?

7. Назовите основные функции живого вещества

8. Перечислите исключительные свойства живого вещества

9. Дайте определение жизни

10.Дайте определение экологической системы

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Биогенный круговорот.

Известно, что вещество на нашей планете перемещается в соответст­вии с силами земного тяготения. Неживое вещество само по себе переме­щается по наклонной плоскости исключительно сверху вниз. Только в этом направлении движутся реки, ледники, лавины, осыпи. Общее направление движения - от континентов к океану.

Живое вещество - единственный фактор, который обусловливает обратное перемещение вещества - снизу вверх, из океана на континенты.

Биологический круговорот - поступление химических элементов из почвы и атмосферы в живые организмы', превращение в них посту­пающих элементов в новые сложные соединения и возвращение их в почву, атмосферу и воду в процессе жизнедеятельности с ежегодным расходом части органического вещества или с полностью отмершими организмами, входящими в состав биогеоценоза (по [6]).

Биологический круговорот веществ вовлечён в более общий кругово­рот - геологический. Длительность биосферного цикла составляет от нескольких десятков и сотен до нескольких тысяч лет, а геологического -миллионы лет. Круговорот веществ на Земле - есть повторяющиеся процессы превращения, перераспределения и перемещения вещества, энергии и информации.

Космические излучения в биосфере преобразуются в разнообразные виды энергии. Преобразование энергии происходит в процессе её цирку­ляции между веществом планеты и живыми организмами биосферы, биогеохимического круговорота веществ - перемещения огромных масс химических элементов, перераспределения накопленной в процессе фотосинтеза энергии, преобразования информации. Биогенная миграция обеспечивает непрерывность жизни в биосфере при конечном количестве вещества и постоянном притоке солнечной энергии.

Биогеохимические функции разных групп организмов

Биологическая составляющая биогеохимических циклов отдельных элементов выражается вовлечением неорганических веществ в органиче­ский синтез, многократной трансформацией органических веществ в процессе метаболизма и разложением их до минеральных веществ по ходу цикла редукции. Вместе эти звенья составляют биологический круговорот веществ.

Основные трофические уровни (трофос- питание), составляющие базу круговорота, представлены конкретными видами организмов -продуцентов, консументов и редуцентов, различающимися между собой по типу метаболизма и соответственно, по конкретной функции, выполняе­мой на данном трофическом уровне.

Пищевая специализация в наиболее общей форме выражена в подраз­делении всех живых организмов на автотрофов и гетеротрофов. Первые в циклах биогенного круговорота составляют уровень продуцентов, вторые - консументов и редуцентов.

Используя энергию солнечной радиации (фотосинтетики)или химических связей (хемосинтетики), из углекислого газа, воды и минеральных элементов синтезируют основные классы орга-нического вещества: углеводы, жиры (липиды), белки, нуклеиновые кислоты и др.

Дальнейшие преобразования синтезированных продуцентами органических происходят на уровне организмов-гетеротрофов, которые специализированы по использованию различного рода пищи.

Среди гетеротрофов различают фитофагов, использующих растительную пищу и составляющих уровень консументов I порядка, и зоофагов (хищники, паразиты), питающихся животными и составляющих трофические уровни консументов II порядка и выше. Потребители мёртвых организмов, формирующие циклы деструкции органического вещества, по пищевой специализации подразделяются на некрофагов (потребители трупов животных), копрофагов (потребители экскрементов), сапрофагов (потребители мёртвых растительных остатков) и дейтритофагов(потребители полуразло-жившихся органических веществ). На последних стадия циклов функционируют редуценты, минерализующие остатки органического вещества.

Энергетическое обеспечение биологического круговорота

Все преобразования веществ в процессе круговорота требуют затрат энергии. Ни один живой организм не продуцирует энергию - она может быть получена только извне. В современной биосфере главнейший источник энергии, утилизируемой в биогенном круговороте, - это энергия солнечного излучения. Соответственно первый этап использования и преобразования энергии в цепях круговорота - фотосинтез, в процессе которого создаются вещества для построения тела растительного организ­ма. Энергия, полученная в виде солнечной радиации (ФАР), в процессе фотосинтеза преобразуется в энергию химических связей. Процесс аккумуляции энергии в организме фотосинтетиков сопряжён с увеличени­ем массы организма. Массу веществ, созданных продуцентом-фотосинтетиком, обозначают как первичную продукцию; это биомасса растительных тканей.

Лишь 15% энергии солнечного излучения достигает поверхности Земли и только 1% связывается в виде органического вещества раститель­ности (74% составляет тепло и 10% - отражённая энергия). Из суммы связанной в процессе продукции энергии около половины расходуется на жизненные процессы (потери на дыхание). Оставшиеся 50% аккумулиро­ванной энергии составляет рост биомассы. Таким образом, чистая продукция соответствует примерно 0,5% солнечной энергии, падающей на Землю. По некоторым другим расчётам, эффективность фотосинтеза оказывается ещё ниже - порядка 0,1%.Накопленная в результате фотосинтеза биомасса растений (первич­ная продукция) - это резерв, из которого часть используется в качестве пищи организмами-гетеротрофами (консументамиI порядка). По тем же приблизительным расчётам, в пищу фитофагам изымается около 40% фитомассы; оставшиеся 60% означают реальную массу растительности в экосистеме.

Примерно в такой же последовательности идёт дальнейшее исполь­зование энергии организмами-гетеротрофами. Полученная с пищей энергия (так называемая большая энергия) соответствует энергетической стоимости общего количества съеденной пищи.

Усвоенная энергия, за вычетом энергии, содержащейся в выделениях организма (экскретах), составляет метаболизированную энергию. Часть её выделяется в виде тепла в процессе переваривания пищи и либо рассеива­ется, либо используется на терморегуляцию. Оставшаяся энергия подразделяется на энергию существования, которая немедленно расходуется на различные формы жизнедеятельности (по существу это тот же расход на «дыхание»), и продуктивную энергию, которая аккумулируется (хотя бы временно) в виде массы нарастающих тканей, энергетических резервов, половых продуктов (рис. 3.1; 3.2). Энергия существования складывается из затрат на фундаментальные жизненные процессы (основной обмен, или базальный метаболизм) и энергии, расходуемой на различные формы деятельности. У гомойотермных животных к этому добавляются расходы энергии на терморегуляцию. Все эти затраты заканчиваются рассеиванием энергии в виде тепла - опять-таки в силу того, что ни одна функция не реализуется с КПД, равным 100%.



*Рис.26. Упрощённая схема потока энергии, показывающая три трофических уровня (/,//* и III) *в линейной пищевой цепи (Е. Odum, 1963)-общее поступление энергии;* LA - *свет, поглощаемый растительным покровом;* PG -*валовая первичная продукция;*

А -*общая ассимиляция;* PN - *чистая первичная продукция;*

Р - *вторичная продукция (консументов);* NU*- неиспользуемая (накапливаемая или «экспортируемая») энергия; R - дыхание. Цифры внизу - порядок величины потерь энергии при каждом переносе, начиная с поступления солнечного излучения в количестве 3000 ккал X м Xсут*

Энергия, накопленная в тканях гетеротрофа, составляет вто-ричную продукцию экосистемы, которая может быть использована в пищу консументами высших порядков.

Подобным образом энергия расходуется на всех гетеротрофных эта­пах круговорота, т.е. в организмах, последовательно исполь-зующих в пищу биомассу предыдущих трофических уровней (например, по схеме: Энергия солнца - продуценты (растения) - потребители гетеротрофы: заяц (консумент I порядка); волк (консумент II порядка) - редуценты (бактерии, грибы). В результате количество энергии, доступной для потребления, прогрессивно падает по ходу повышения трофических уровней, что лежит в основе относительно небольшой длины пищевых цепей.

В цепях разложения постепенная деструкция органических веществ связана с высвобождением энергии, которая частично рассеивается, а частично аккумулируется в составе тканей организмов-редуцентов. После гибели их тела также попадают в цикл редукции.

*Рис.27.Схема потока энергии в организме птиц*

*(по В.Р. Дольнику, 1982)*

Таким образом, на фоне биологического круговорота веществ потоки энергии первично аккумулированная в тканях продуцентов энергия постепенно рассеивается в виде тепла на всех этапах трофиче­ских цепей. Однако на всех этапах идёт процесс синтеза вещества и аккумуляции энергии в химических связях. Живые организмы в опреде­лённой степени препятствуют немедленному рассеиванию энергии, замедляют этот процесс, действуя против второго закона термодинамики.

**ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ СИСТЕМ.** Очевидно, в жизни экологических систем действуют общие термодина­мические принципы и законы сохранения энергии, вещества, информации.

* Закон (принцип) «энергетической проводимости».
* Закон сохранения энергии (первый принцип термодинамики).
* Второй принцип (начало, закон) термодинамики.
* Принцип Ле Шателье - Брауна.
* Закон минимума диссипации (рассеивания) энергии, или принцип экономии энергии.
* Закон максимизации энергии и информации.
* Правило основного обмена

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение биологического круговорота
2. Какова роль автотрофов и гетеротрофов в БГХ- круговоротах?
3. Представьте упрощённую схему потока энергии в пищевой цепи
4. 4.Каково содержание принципа Ле Шателье - Брауна?
5. 5.Дайте определение правила основного обмена

БИОЦЕНОЛОГИЯ

**Биоценоз как биологическая система.**

Биоценоз (от Греч, bios- жизнь, koinos - общий) представляет собой эволюционно сложившуюся форму организации живого населения биосферы, многовидовую биологическую (экологическую) систему. В её состав входят представители различных таксонов, отличающиеся по своим экологическим и физиологическим свойствам и связанные по многим формам биологических отношений как между собой, так и с окружающей их неорганической средой. Именно эти связи как принципиальная характеристика многовидовых сообществ, определяющая их целостность и способность к самоподдержанию, подчёркивались уже первыми исследо­вателями экосистемного уровня организации (К. Мёбиус, 1877; С. Фобе, 1887). Наиболее чётко учение об экосистеме сформулировано английским экологом А.Тенсли (A.Tensli, 1935).

Наиболее важные типы взаимоотношений видов в биоценозах -это пищевые /трофические/(питание одних видов другими, конкуренция за пищу и т.п.), пространственные (распределение в пространстве, конкуренция за место поселения, убежища и т.п.) и(формирование определённой структуры биотопа, микроклимата и пр.).

Биоценоз можно определить как исторически сложившиеся группи­ровки жатого населения биосферы, заселяющие общие места обита­ния, возникшие на основе биогенного круговорота и обеспечивающие его в конкретных природных условиях (Н.П. Наумов, 1963).

Все сложные формы биоценотических отношений осуществ-ляются в определённых условиях абиотической среды. Рельеф, климат, геологиче­ское строение земной коры, гидрографическая сеть, гидрологические условия в водоёмах и многие другие факторы оказывают определяющее влияние на состав и биологические особенности видов, формирующих биоценоз, служат источником неорганических веществ, поступающих в круговорот, аккумулируют продукты жизнедеятельности.

**Неорганическая среда - биотоп (от греч. bios - жизнь, topos - место)представляет собой необходимую составляющую биоце-нотической системы, обязательное условие её существования. Академиком В.Н.Сукачёвым (1942) создано учение о биогеоценозе как единстве биоценоза и его биотопа. Биогеоценоз пространственно определяется границами растительного сообщества - фитоценоза.По определению В.Н. Сукачёва (1964) *биогеоценоз - это* «совокуп­ность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, ж:ивотного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействия этих слагающих её компонентное и определённый тип обмена веществами и энергией между собой и единство, находящееся в постоянном движении, развитии»другими явлениями природы и представляю­щая собой внутренне противоречивое

***Почва, грунт (эдафотоп)***

*Растения*

*Рис.32.Структура биогеоценоза (на основе схем*

*В.Н. Сукачёва, Новикова, 1979)*

Термины «биоценоз», «биогеоценоз» и «экосистема» близки по смыслу и практически означают одно и то же природное явление -надвидовой уровень организации биологических систем [8].

Целостность биоценозов поддерживается эволюционно сложившей­ся системой связей, прежде всего информационных. На уровне биоценоза постоянно функционируют два канала информации. Один из них обеспечивает устойчивое существование и репродукцию популяций конкретных видов; это система самоподдержания и развития видов, или экосистем. Второй канал связывает биоценоз, как целое, с его компонентами; это -координации, «принуждающие» популяции отдельных видов к выполне­нию специфических функций в составе целостной системы. На конфликте этих двух каналов информации строятся меха-низмы, определяющие поддержание глобальных функций биоценоза (Э.Чус, 1986).

ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ

Основная функция биоценозов – поддержание круговорота веществ в биосфере - базируется на пищевых взаимоотношениях видов. Именно на этой основе органические вещества, синтезированные автотрофными организмами, претерпевают многократные химические трансформации и в конечном итоге возвращаются в среду виде неорганических продуктов жизнедеятельности, вновь вовлекаемых в круговорот. Поэтому, при всём многообразии видов, входящих в состав различных сообществ, каждый биоценоз с необходимостью включает представителей всех трёх принци­пиальных экологических групп организмов –продуцентов, консументови редуцентов. Полночленность тро-фической структуры биоценозов - аксиома биоценологии.

В конкретных биоценозах продуценты, консументы и редуценты представлены популяциями многих видов, состав которых специфичен для каждого отдельного сообщества. Функционально же все виды распределя­ются на несколько групп в зависимости от их места в общей системе круговорота веществ и потока энергии. Равнозначные в этом смысле виды образуют определённый трофический уровень, а взаимоотношения между видами разных уровней - систему цепей и сетей питания в их конкретном выражении, включающем прямые и косвенные взаимоотношения состав­ляющих их видов, формирует целостную трофическую структуру биоценоза.

Группа видов-продуцентов образует уровень первичной про-дукции, на котором утилизируется внешняя энергия и создаётся масса органиче­ского вещества. Первичные продуценты - основа трофи-ческой структуры и всего существования биоценоза. Составлен этот уровень растениями и прокариотами; в особых случаях в качестве первичных продуцентов выступают бактерии-хемосинтетики.

Биомасса органического вещества, синтезированного автотрофными, определяется как первичная Продукция, а скорость её формирования - биологическая продуктивность экосистемы. Продуктивность выражается количеством биомассы, синтезируемой за единицу времени (или энергетическим эквивалентом).

Общая сумма биомассы рассматривается в этом случае как валовая продукция, а та её часть, которая определяет прирост, - как чистая продукция. Разница между валовой и чистой продукцией определяется затратами энергии на жизнедеятельность («затраты на дыхание»), например, в умеренном климате могут составлять до 40-70% валовой продукции.

Накопленная в виде биомассы организмов-автотрофов чистая пер­вичная продукция служит источником питания для пред-ставителей следующих трофических уровней. Потребители первич-ной продукции консументы - образуют несколько (обычно не более 3-4) трофических уровней.

Переход биомассы с нижележащего трофического уровня на выше­лежащий связан с потерями вещества и энергии. В среднем считается, что лишь порядка 10% биомассы и связанной в ней энергии переходит с каждого уровня на следующий. В силу этого суммарная биомасса, продукция и энергия, а часто и численность особей прогрессивно умень­шается по мере восхождения по трофическим уровням. Эта закономер­ность сформулирована Ч. Элто-ном (Ch.Elton, 1927) в виде правила экологических пирамид (рис 13.2) и выступает как главный ограничитель длины пищевых цепей

Процессы, связанные с синтезом и трансформацией органиче-кого вещества в трофических сетях характеризуют собой так называемые цепи выедания или «пастбищные цепи». Процессы поэтапной деструкции и минерализации органических веществ (которые практически идут на всех трофических уровнях) обычно выводятся в отдельный блок трофической структуры, называемый цепями разложения (или дейтритными цепями).

Наиболее активное участие в разложении мёртвого органичес-кого вещества принимают почвенные беспозвоночные животные (членистоно­гие, черви) и микроорганизмы. Процесс деструкции идёт последовательно, «волны» сапрофагов сменяют друг друга в соответствии с видоспецифичным типом питания.

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ**

Видовые популяции в составе биоценоза закономерно распо-лагаются не только по площади, но и вертикали в соответствии с биологическими особенностями каждого вида. Благодаря этому экосистема всегда занимает определённое трёхмерное пространство; соответственно и межвидовые взаимоотношения имеют не только функциональную, но и пространственную направленность .В наземных экосистемах основной фактор, создающий вертикальную структуру, имеет биологическую природу и связан с расчленением растительных сообществ по высоте. Особенно чётко это выражено в лесных фитоценозах, вертикальная структура которых выражена в виде ярусности. Верхний ярус (ярусы) представлен древесными породами, далее следуют ярусы кустарников, кустарничков, травянистых растений и наземный моховой покров.

С позиции биогеоценологии ярус - сложная материально-энергетическая система, на базе которой дифференцируется ряд элемен­тарных вертикальных слагаемых (Н.В. Дылис и др., 1964).

Вертикальная структура наземных экосистем тесно связана с их функциональной активностью: пастбищные цепи концентрируются преимущественно в надземной части биоценозов, а цепи разложения - в подземной их части.

Горизонтальная структура биоценозов выражена их **мозаич-ностью** и реализуется в виде неравномерного распределения популяций отдельных видов по площади. Это определяется, с одной стороны, особенностями биотопов - неодинаковость почвенно-грунтовых условий, микроклимата и т.п., - а с другой - взаимоотношениями отдельных видов как внутри их популяций, так и между собой. На этой основе формируются разного рода группировки, в которых видовые популяции связаны между собой более тесными функциональными отношениями, чем с остальной частью биоценоза. В наземных биоценозах наиболее функционально значимы **консорции**(от лат.Consortium - сообщество) - группировки видов-автотрофов и гетеротрофов, возникающие на основе тесных пространст­венных и трофических связей. Характерным для таких группировок является то обстоятельство, что они обычно формируются на основе особей одного вида, обладающего средообразующим действием. Основой консорции может быть, например, сосна со всеми связанными с ней видами микроорганизмов, микоризных грибов, лишайников, насекомых, птиц и т.д. Детерминантом консорции может оказаться и гетеротрофный организм («биоценоз» норы песчанки, «паразитоценоз» - комплекс паразитов, использующих одного хозяина). По биологической роли в консорциях различаются детерминанты и собственно консорты, связанные с конкретной особью вида-детерминанта; выделяются также «суперкон­сорты», связанные с популяцией детерминанта.

Внутри фитоценозов выделяются элементарные группировки - **пар­целлы,** которые можно рассматривать как комплексные части биогеоцено­за, отличающиеся друг от друга как радиальным (горизонтальным) сложением элементов, так и спецификой радиально направленного материально-энергетического обмена.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НИШИ

Длительное существование в составе единого многовидового сообщества привело к эволюционному становлению такой системы взаимоотношений, при которой **каждый вид пространственно и функцио­нально занимает определённое положение в составе биоценоза. Это положение рассматривается как** экологическая ниша вида.

Первым это понятие сформулировал Дж. Хатчинсон (G.Hut-chinson, 1957), который представлял экологическую нишу как всю сумму связей организмов данного вида с абиотическими условиями среды и с другими видами живых организмов. Объём многомерного пространства, соответст­вующего требованиям вида к среде, он назвал фундаментальной нишей, а реальное положение видовой популя-ции в конкретной экосистеме - реализованной нишей.

Ю.Одум вкладывает в понятие ниши тройственный смысл: физи-ческое пространство, занимаемое видовой популяцией, место вида в системе градиентов внешних факторов и его функциональная роль в экосистеме. Следовательно, «экологическая ниша некоторого орга-низма зависит не только от того, где он живёт, но и от того, что он делает (какон преобразует энергию, каково его поведение ,он реагирует на физическую и биологическую среду) и как он ограничен другими видами» (Е. Odum, 1975).

Жизнь в определённых условиях создаёт в процессе эволюции ком­плекс видовых приспособлений, обеспечивающих успешное выживание и воспроизведение в данной экологической нише. В этом случае говорят о жизненных формах различных видов. Жизненные формы организмов, занимающих одинаковые экологические ниши, могут быть причиной морфологического сходства представителей таксономически неродствен­ных видов. Классический пример такого сходства «ихтиозавр - тунец дельфин» объединяет быстро плавающих обитателей водных пространств. Жизненная форма животного-землероя сближает, например, крота, слепыша и даже насекомое медведку.

Известно явление экологического варианта, выражающееся в том, что в различных экосистемах аналогичные экологические ниши могут быть заняты разными видами. Это явление может иметь географический масштаб, но может проявляться и на уровне различных биоценозов. Так, разные виды дятлов часто занимают сходные экологические ниши в разных типах леса.

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте определение биоценоза
2. Как соотносятся между собой понятия биогеоценоз и экосистема?
3. Какова основная функция биоценозов и каковы механизмы её осуще­ствления?
4. Раскройте суть понятия «трофическая структура биоценоза»
5. Каковы принципы построения экологических пирамид?
6. Как различаются между собой «пастбищные цепи» и цепи разложе­ния?
7. Представьте пространственную структуру биоценозов у животных и растений
8. Что означает выражение «экологическая ниша»?

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ МЕЖВИДОВЫХ СВЯЗЕЙ В ЭКОСИСТЕМАХ

Межвидовые отношения в конкретных биоценозах реализуются че­рез сложные формы взаимодействия популяций разных видов. В основе их лежат трофические связи, обеспечивающие осуществление биологического круговорота как генеральной функции экосистем.

В общей форме говорят о межвидовых отношениях типа антибиоза, нейтрализма и симбиоза.

Антибиоз - крайнее выражение конкурентных отношений, при ко­тором какой-либо вид полностью препятствует возможности поселения особей других видов в пределах определённой зоны влияния. Антибиоз поддерживается главным образом химическим воздействием на потенци­альных конкурентов и в наиболее полном виде свойствен ряду видов грибов и прокариот.

Нейтрализм - тип отношений между видами, при котором они не формируют сколько-нибудь значимых форм прямых взаимо-действий.

Симбиоз (от Греч, symbiosis- совместная жизнь) - система отноше­ний, при которой формируются тесные функциональные взаимодействия, выгодные для обоих видов (мутуализм, от лат. mutillus- взаимный), или только для одного из них (комменсализм, от лат. com - вместе, mensa -трапеза). Пример мутуализма - растительноядные животные с кишечными бактериями. Пример комменсализма - рыбы-прилипалы, перемещающиеся в пространстве, прикрепившись к телу акулы и питающиеся остатками её пищи.

Комменсализм часто проявляется наряду с обитанием в общих убежищах. Примером синойкии могут быть норы грызунов. В норах большой песчанки Rhombombys например, зарегистрировано 212 видов «квартирантов»: млекопитающие, птицы, рептилии, амфибии, моллюски, насекомые, клещи, черви и др.

Взаимоотношения видов смежных трофических уровней.

Взаимоотношения растений и животных. Хорошо известна функция распространения семян животными-фитофагами. Формиро-вание плодов, привлекательных для животных, также есть выражение приспособления к зоохории. Плодоядные животные неспециализиро-ваны на переваривании семян и потому способствуют их эффективному расселению. Всхожесть семян борщевика (Heracleumlaciniatum) после прохождения их через кишечник медведя гризли значительно повышается. Это явление характерно и для многих других видов животных и растений. Обладающие цепляющимися шипами семена растений распростра­няются, прикрепляясь к частям тела животных. Известны коодаптации, выражающиеся в соответствии строения рото­вого аппарата насекомых морфологическим особенностям цветков опыляемых ими видов растений. Характерна синхронизация биологиче­ских циклов растений и их опылителей. Перекрёстное оплодотворение и распространение семян, осуществ­ляемые животными, столь эффективны, что среди растений появились виды-имитаторы. Известно, например, что споры некоторых грибов (Phallusи др.) выделяются вместе со слизью, имеющей характерный гнилостный запах. Тем самым привлекаются мухи, к лапкам которых прилипают споры грибов.

Сложные формы взаимозависимости растений и животных образова­лись и на основе прямых трофических связей. Предотвращению (ограни­чению) выедания животными служат образование твёрдой коры, шипов и колючек, химических выделений и т.п. у растений.

Большое значение имеют средообразующие функции различных ви­дов, адаптации у растений к вытаптыванию копытными животными. Взаимоотношения хищников (зоофагов)и их жертв, паразитов и их хозяев сопровождаются широким спектром взаимных адаптации (поведен­ческих, морфологических, физиологических и др.), направленных на поддержание динамического равновесия в биоценозах.

Конкуренция.

Конкуренция возникает в тех случаях, когда два (или больше) вида используют одни и те же ресурсы (пища, пространство, убежища и т.д.). Итог - вытеснение одного конкурента другим (правило конкурентного исключения).Конкурентные взаимодействия оказывают существенное влияние на структуру биоценозов. На основе конкуренции формируется социальная иерархия видов в составе сообщества с выделением доминирующих и второстепенных форм, определяется размещение видов по вариантам местообитаний и уровень их численности (биомассы). Длительное сосуществование биологически сходных видов способствует их специали­зации, сужению и расхождению видовых экологических ниш, а в эволюци­онных масштабах времени выступает как одна из движущих сил видообра­зования.

**ЗАКОНЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ** БИОЦЕНОЗОВ **И** СООБЩЕСТВ

Энергетика, потоки веществ, продуктивность и надёжность сообществ и биоценозов:

* Закон пирамиды энергий, или закон (правило) 10% Р. Линде-мана
* Правило биологического усиления
* Правило "метаболизм и размеры особей", или правило Ю. Оду-ма
* Закон удельной продуктивности
* Правило (принцип) экологического дублирования
* Принцип (правило) эквивалентности В.Тишлера
* Принцип подвижного равновесия А.А. Еленкина
* Принцип продуктивной оптимизации Г. Реммерта
* Принцип стабильности

• Правило биоценотической надёжности.

Cтруктура и видовой состав биоценозов и сообществ;

* Принцип (правило) разнообразия условий биотопа А. Тинемана
* Принцип отклонения условий существования от нормы

А. Тинемана

* Принцип плотной упаковки Р. Макартура
* Правило обязательности заполнения экологических ниш. Пустующая экологическая ниша всегда и обязательно бывает естественно заполнена

• Правило экотона, или краевого эффекта

Биоценотические связи и управление:

• Правило относительной внутренней непротиворечивости

(Н.Ф.Реймерса)

• Принцип коэволюции, или сопряжённой эволюции

П.Эрлиха - П.Равена

**Контрольные вопросы:**

1.Как соотносятся между собой понятия антибиоз, нейтрализм и симби­оз?

2.Приведите примеры взаимодействия организмов смежных тро-фиче­ских уровней (растения - животные; хищники - жертвы; паразиты -хозяева)

3. Какова роль конкурентных взаимоотношений в биоценозах?

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

Суточные и сезонные аспекты экосистем.

При закономерных ритмичных изменениях в масштабах суток не происходит принципиальных перестроек видового состава и основных форм взаимоотношений в биоценотической системе. Поэтому обычно говорят не о суточной динамике, а о суточных аспектах биоценоза. Так, видовой комплекс организмов с дневной активностью отличается от набора ночных видов того же биоценоза.

Суточные аспекты биоценоза отражают их «пищевую» структуру. Разделение периодов активности во времени снижает уровень прямой конкуренции (интерференции) и таким образом открывает возможность сосуществования видов со сходными биологическими требованиями.

Эксплуатационная конкуренция при этом в принципе сохраняется, но отличия во времени активности с неизбежностью влекут за собой некото­рый «сдвиг» в пищевых спектрах, а стало быть, ослабление конкурентных связей в этом аспекте. В целом расхождение в суточной активности приводит к усложнению биоценоза, повышению биологического разнооб­разия и более полному использованию ресурсов среды.

Сезонные изменения затрагивают более фундаментальные характе­ристики экосистем. В первую очередь это касается видового состава биоценозов. В неблагоприятные сезоны года ряд видов мигрируют в районы с лучшими условиями существования. Оседлые виды составляют основное ядро биоценоза, тогда как сезонные определяют его облик а также характер биоценотических связей в отдельные периоды.

Некоторые виды отличаются «пульсирующим» характером сезонной активности. Они переносят неблагоприятные периоды в состоянии заторможенной жизнедеятельности (диапауза насекомых, оцепенение пойкилотермных и спячка гомойотермных животных, инцистирование простейших и т.п.).

Растительные сообщества также меняются по сезонам как структур­но (листопад, выпадение однолетников, засыхание травянистой раститель­ности), так и функционально (изменение интенсивности фотосинтеза, накопления биомассы и пр.).

Во всех случаях уменьшение числа активных видов влечёт за собой снижение общего уровня биогенного круговорота веществ. Таким образом, такой «формальный» параметр, как число видов, оказывается важным фактором регуляции биосферных процессов.

Сезонные аспекты биоценозов лучше всего выражены в ландшафтно-климатических зонах, отличающихся резкими измене-ниями физических параметров среды летом и зимой (тундра). В тропиках сезонность функционирования биоценозов выражена не столь ритмично.

Сезонные биологические процессы в водной среде связаны с гидро­логическими сезонами.

Таким образом, суточные и сезонные аспекты биоценозов не затра­гивают принципиальных их параметров.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ

Развитие биоценозов, при котором имеет место замещение во времени одного сообщества другим, называют экологической сукцессией (от лат. successio - преемственность). В большинстве случаев процессы сукцессии занимают временные промежутки, измеряемые годами и десятилетиями, хотя в отдельных случаях смены следуют с большой скоростью (например, во временных водоёмах).

Наиболее существенный вклад в разработку концепции сукцессии сделали американские ботаники Коулес (H.CoilleS, 1899) и особенно Клементе (F.Clements, 1904, 1916).

Согласно Ф. Клементсу, сукцессия, как ответная реакция (адап-тив­ный ответ на экосистемном уровне) на изменение внешних климатических условий среды, протекает в виде смены последовательного ряда сообществ и завершается формированием сообщества, наиболее адаптированного к комплексу климатических условий. Такое конечное сообщество автор концепции называл «климакс-формацией» (или просто климакс).

Смены растительности, начинающиеся от разных сообществ и за­канчивающиеся климаксом, называют сукцессионными сериями. Сукцессионные серии в зависимости от условий влажности делят на гидросерии(исходными являются сообщества влажных место-обитаний) и (начинаются от сухих сообществ). Процесс сукцессии меняет их на ассоциации промежуточных по влажности местообитаний (мезосерии), которые существуют в динамическом равновесии с региональным климатом.

В настоящее время принято считать, что климакс, в свою очередь, является тоже лишь временным состоянием в масштабах и рамках вековых изменений климата и других свойств среды, в процессе которых имеют место «крупномасштабные» изменения экосистем.

Сукцессии могут иметь не только прогрессивный, но и регрессивный характер (обеднение и упрощение сообществ -например, под действием антропогенных факторов).

Смены сообществ могут происходить под влиянием таких абиотических факторов, как изменение рельефа, гидрологического режима, а также различных биотических факторов (одни виды организмов своей жизнедеятельностью подготавливают условия для других видов, т.е. для нового этапа сукцессии). В соответствии с этим различают сукцессии экзо-экогенетические/или (т.е. вызванные внешними, абиотическими факторами) и эндо-экогене-тические/автогенные/ (вызванные изменением структуры и системы связей в существующих сообщест­вах).

По общему характеру сукцессии подразделяются на первичные и вторичные. Первичные сукцессии начинаются на субстрате, не изменённом деятельностью живых организмов. Вторичные сукцессии развиваются на субстрате, первоначально изменённом деятельностью комплекса живых организмов.

Вековые смены экосистем характеризуют собой фундаменталь-ные крупномасштабные формы динамики биоценозов. Сукцессии такого масштаба охватывали целые геологические периоды и осуществлялись как смены типов сообществ в связи с изменениями климата, рельефа и других свойств поверхности Земли; они отражают историю развития биосферы.

динамика экосистем

* Принцип сукцессионного замещения.
* Теория мозаичного климакса.
* Закон последовательности прохождения фаз развития.

• Закон сукцессионного замедления.

* Правило максимума энергии поддержания зрелой экосистемы,

или правило Г. Одума и Р. Пинкертона.

* Принцип "нулевого максимума", или минимизации прироста в

зрелой экосистеме.

* Принцип "сукцессионного очищения", или стабилизации и

минимиза­ции видового состава климакса.

* Правило увеличения замкнутости биогеохимического

круговорота вещества в ходе сукцессии.

• Закон эволюционно-экологической необратимости.

**Контрольные вопросы:**

1. В чём заключается адаптивный «смысл» суточных и сезонных аспек­тов биоценозов?
2. Дайте определение экологической сукцессии

ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

Технологические формы воздействия человека на биосферу.

Катастрофические результаты влияния человека на природу впервые были восприняты через список истреблённых человеком видов растений и животных. Масштабы такого влияния впечатляющи: только за историче­ское время зарегистрировано исчезновение более 100 видов крупных млекопитающих и примерно такое же количество видов и подвидов птиц.

Уже в палеолите древний человек, владевший оружием, начал оказы­вать влияние на численность животных. Примерно сто тысяч лет назад видимо не без участия человека в Европе исчезли лесные слоны и носороги; позднее та же участь постигла мамонта, шерстистого носорога, гигантского оленя. Около одной тысячи назад древними полинезийца­ми истреблены огромные птицы моа (Dinornis) в Новой Зеландии.

Начиная **с** 1600 **г.** процесс истребления млекопитающих и птиц начи­нает документироваться (странствующий голубь, стелле-рова корова, американский бизон, туранский тигр и т.д. и т.п.). Установлена интенси­фикация этого процесса в последние три столетия (особенно с началом промышленной революции).Главные причины уничтожения птиц и млекопитающих - неумеренная охота и борьба с вредителями. При этих формах вымирание видов шло через нарушение механизмов воспроизвод­ства популяций из-за резкого снижения их численности и плотности населения. Однако не меньшее число видов исчезло с лица земли по экологическим причинам, таким, как коренное изменение свойственных виду биотопов, нарушение биоценотических связей в виде появления новых хищников, возбудителей болезней и т.п.

Проблема переэксплуатации не менее важна и в водной среде. Пере­промысел не только снижает численность промысловых видов гидробионтов, но и оказывает влияние на структуру и воспроизводительные способности их популяций. В частности, омоложение популяций ведёт к уменьшению средних размеров животных, т.е. сказывается на дальнейшей эффективности промысла. Крайнее выражение перепромысла - исчезнове­ние вида и замена его в водных сообществах другими, менее ценными для человека (пример: смена сельди мойвой в Баренцевом море; смена морского окуня минтаем в северной части Тихого океана).

Не менее разрушительной деятельность человека оказалась по отно­шению к растительности. С давних пор во всех странах мира шла неуме­ренная вырубка лесов, вначале связанная с развитием примитивного подсечного сельского хозяйства, а позднее - главным образом ради получения древесины. В результате многие страны (например, Греция и некоторые другие средиземноморские государства) практически лишились леса, поскольку восстановление его не происходило из-за деятельности коз и других домашних животных. В России с конца XVII в. до 1914 г. лесистость снизилась с 5 1 до 33%. В настоящее время центр хищнического истребления лесов переместился в Центральную Америку, Индонезию и некоторые другие страны, ещё богатые ненарушенными лесами.

Дождевые тропические леса - самые богатые экосистемы на планете: занимая всего 8% площади, они дают приют почти половине ныне живущих видов животных. Экосистема эта отличается как богатством видов, так и полнотой круговорота: быстрая оборачиваемость биогенных элементов ведёт к тому, что они почти не накапливаются. Сведение этих уникальных лесов идёт со скоростью 71 - 91 тыс. км2/год, а в странах Амазонии - до 100 КМ2/Т0Д. В ближайшие годы эти леса могут быть уничтожены полностью на Филиппинах, в Малайзии, западной Африке; не на много лучше обстоит дело в ряде стран Центральной Америки и Индонезии.

Замещение вырубленных лесов осуществляется посадками ценных в техническом отношении древесных пород. Таким путём эволюционно-сложившаяся устойчивая экосистема сменяется на насаждения с соответственно упрощенной структурой. Это опре-деляет их малую устойчивость к неблагоприятным влияниям, повышенную вероятность вспышек вредителей и т.п. Так происходит при современном промышлен­ном освоении лесов. А между тем местное население, по многим линиям связанное с лесами, веками вырабатывало более рациональное к ним отношение. Так, индейцы бассейна Амазонки владеют эффективными приёмами лесополь-зования. Хорошо зная местные почвы, они не только поддерживают эффективное земледелие, но и проводят лесопосадки, разумно под-бирая подходящие породы. Таким путём они создают очаги леса в са-ванне, в известной мере компенсируя вырубку лесных массивов (D.Posey, 1989).

Антропогенное загрязнение биосферы, наряду с разрушением и исто­щением природных ресурсов, является глобальной экологи-ческой проблемой. Множество синтезированных человеком веществ несовмести­мы с жизнью; вовлекаясь через пищевые цепи в биогео-химические циклы, они блокируют обменные процессы, вызывают повреждения эволюционно сложившегося генного аппарата организмов, размыкают циклы и, в конечном счёте, выводя из равновесия экосистемы, приводят к опасной перестройке биосферы.

Биологическое самоочищение водоёмов и формирование качества воды (А.С.Константинов, 1979) может быть использовано человеком в природоохранных целях (технологиях). Поступающая с водосборной площади органика (при умеренном её количестве) не накапливается в водоёме, минерализуясь в процессе дыхания. Различные загрязняющие вещества вовлекаются в метаболизм, и в результате их биологического разрушения происходит детоксикация среды.

Гидробионты – фильтраторы и седиментаторы осветляют воду, осаждая взвесь на дно и способствуя захоронению вредных веществ в грунте, т.е. удалению из экосистемы. Выделение автотрофами кислорода и поглощение углекислого газа обеспечивает поддержание оптимального газового режима водоёма. Большое значение имеет вододвигательная функция гидробионтов. Усиление турбулентного движения воды одновременно ускоряет многие процессы биологического самоочищения, способствуя повышению уровня метаболизма гидробионтов (отток катаболитов, притоканаболитов), поступлению ферментов из функционирующих и мёртвых организмов(экстракция). Обогащение воды некоторыми метаболитами гидробионтов имеет первостепенное значение для улучшения её питьевых качеств и условий существования многих представителей населения водоёмов.

Экологические формы воздействия человека на биосферу

Наряду с прямым влиянием человечество оказывает и ряд косвенных воздействий на состав и условия существования природных сообществ. Развитие транспорта и связи, гидростроительство и мелиорация, изменение ландшафтов в связи с созданием городов и введением методов индустри­ального сельского хозяйства - всё это независимо от желания человека коренным образом изменило условия существования окружающих его экосистем и отдельных видов.

Развитие транспорта способствует быстрому переселению животных и растений за пределы их естественных ареалов (расселение насекомых - вредителей, крыс, сорных растений и т.п.). Нередко виды-вселенцы дают вспышки численности в новых условиях. Причины подобных «демографических взрывов» заключаются в том, что виды, нашедшие благоприятные условия в новых местах, на первых порах ещё не входят в состав биоцено­за и не испытывают контролирующее воздействие специфических паразитов, возбудителей болезней, хищников (на стадии невысокой численности) и т.п. С течением времени непомерные вспышки численно­сти обычно в той или иной степени купируются: вид входит в состав биоценотических связей, и его обилие устанавливается в зависимости от взаимодействия с популяциями других видов в системе биотического контроля. Однако нередко такой вид становится доминирующим в сообществе. В любом варианте последствия внедрения новых видов сказываются на структуре сообществ.

Стихийная, экологически непродуманная искусственная акклиматиза­ция (интродукция) различных биологических видов нередко приводит к отрицательным последствиям. Пример: завоз с 1850 г. в Америку домовых воробьев (Passer domesticus), ставших бичом сельского хозяйства из-за уничтожения ими значительной доли урожая зерновых и плодово-ягодных культур.

Вид - интродуцент может оказаться более сильным конкурентом, чем местные виды, и способствовать их вытеснению. Так, завезённые европей­цами в середине XIX в. в Австралию кролики, размно-жившись, преврати­лись в серьёзных пастбищных конкурентов домашнего скота. В России неудачей закончилась попытка акклиматизировать американскую норку (Mustella vision): размно-жившись, она активно вытесняет местный (кстати, более ценный в хозяйственном отношении) вид - норку европейскую (М.lutreola).

Масштабы акклиматизации - как направленной, так и неумышленной весьма велики. В США, например, известно около 200 тыс. вселившихся видов и разновидностей растений изо всех частей света.

Гидротехническое строительство приводит к катастрофической пере­стройке структуры экосистем. Сооружение в 1970 г. Асуанской плотины в низовьях Нила нарушило в этом важном центре сельского хозяйства естественный гидрологический режим региона, процесс паводкового обновления плодородного ила, промывки солей и орошения полей.

Антропогенное изменение ландшафтов в современных условиях пред­ставляет собой наиболее мощный и постоянный фактор, оказывающий влияние на видовой состав, структуру и экологические связи в экосисте­мах. В схеме можно говорить о следующих главных направлениях этого процесса:

Происходит обеднение видового состава и упрощение биоценотических связей в экосистеме (это характерно для агроэко-систем и лесонасаждений); упрощение почти всегда связано со снижением устойчивости систем как к внешним воздействиям, так и к нарушениям динамического равновесия внутрисистемных взаимо-связей.

Рост мозаичности ведёт к увеличению биологического разнообра­зия и усложняет связи в биоценозе; это повышает устойчивость антропо­генных биоценозов такого типа.

Антропогенные «культурные» ландшафты всегда в чём-то несут черты, свойственные каким-либо естественным. Это определяет их пригодность и привлекательность для организмов определённых жизнен­ных форм. На этом строится формирование биотических комплексов антропогенных экосистем.

Вместе взятые, эти свойства антропогенно-изменённых ландшафтов определяют дифференцированную реакцию живых организмов на новые условия и лежат в основе антропогенных сукцессии преобразуемых человеком экосистем.

Рассмотренные закономерности подсказывают пути преодо-ления неблагоприятных последствий антропогенного упрощения экосистем -это путь в формировании разнообразия**.**

Деятельность человека как фактор эволюции.

Приспособления к обитанию в изменённых человеком ландшафтах не ограничиваются лабильными компенсационными реакциями на уровне отдельных организмов. Устойчивое внедрение в антропогенные экосистемы всегда связано с закреплением приспособительных свойств в процессе естественного отбора. Иными словами, это явление уже не только экологическое, но и эволюционное, по масштабам соответствующее микроэволюционным процессам. В наиболее полном виде результатом его оказывается образование новых видов, специфически приспособленных к новым условиям существования фауны (приспособление организмов к обитанию вблизи человека) - наиболее общая закономерность биоценотического ответа на антропогенные преобразования ландшафтов. Примеры видов - серая ворона, сизый голубь, домовый воробей, домовая мышь, серая крыса (пасюк) и др.

Известно явление «индустриального меланизма» у насекомых(впервые выявлено в Англии в середине XX в. берёзовой пяденицы Biston betularia). Классическим примером может также служить эволюционно-обусловленная приспособительная реакция сорного растения субальпийского горного подвида погремка Alectorolophusmajormontanus, несколько форм, циклы размножения которых в местах расположения сенокосных угодий синхронизировались с учётом сроков сена человеком, в других случаях (на полях) плодоношение наступало одновременно с рожью, причём произошла и морфологическая подгонка семян под зёрна злаков.

Примеры быстрой эволюции, связанной с выработкой эффективных приспособлений к антропогенным воздействиям, неоднократно регистрировались у видов, испытывающих особенно сильное давление со стороны человека. Известно, например, быстрое становление штаммов различных микроорганизмов и вирусов, устойчивых к антибиотикам.

Эффективность этого процесса определяется генетическими механизмами и повышенными темпами смены поколений.

На такой же генетической основе базируется почти столь же быстрое«привыкание» ряда видов членистоногих к действию и других пестицидов. По существу, уже начиная борьбу с вредителями, человек «запускает» механизмы естественного отбора на выживание резистентных к данным препаратам форм.

Под влиянием антропогенного воздействия эволюционируют не только отдельные виды, но и целые биоценотические комплексы.

Искусственно снижая видовое разнообразие экосистем, упрощая их структуру, поддерживая искусственные системы на стадии максимальной продуктивности, человек неизбежно должен взять на себя те общебиоценотические функции, при этом нарушаются. Только в этом случае возможно совмещение интересов человека в виде устойчивого получения высокой продуктивности с «интересами» сообщества в виде поддержания законченных циклов круговорота.

ЗАКОНЫ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕК – ПРИРОДА

Скорость роста человеческих популяций в настоящее время носит аномальный характер. Специалисты показывают, что общая численность людей превышает допустимую от 3 до 10 раз (по критерию качества жизни, в том числе по состоянию среды обитания). Перейдя от собира­тельства и первобытной охоты к пастбищно-кочевому скотоводству и подсечно-огневому земледелию, а впоследствии к пастбищно-стойловому скотоводству и использованию рабочего скота, человек преодолел энергетические рамки своего популяционного роста. Значительный рост энерго-потребления при резком площади эксплуатации энергоресурсов способствовал развитию общественных отношений, дифференциации хозяйственных функций и социокультурному развитию.

• Правило исторического роста продукции.

• Закон бумеранга, или закон обратной связи взаимодействия человек -биосфера П. Дансеро (четвёртый закон Б. Коммонера).

* Закон незаменимости биосферы.
* Закон обратимости биосферы П. Дансеро.
* Закон необратимости взаимодействия человек-биосфера

П. Дансеро.

* Правило меры преобразования природных систем.
* Закон убывающей отдачи А. Тюрго - Т. Мальтуса.

• Правило демографического (технико-социально-экономического) насыщения.

• Правило ускорения исторического развития.

ЗАКОНЫ СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ:

* Правило социально-экологического равновесия.
* Принцип культурного управления развитием.
* Правило социально-экологического замещения.
* Закон исторической (социально-экологической) необратимости.
* Закон ноосферы В.И.Вернадского (1944). Биосфера неизбежно превратится в ноосферу, т.е. в сферу, где разум человека будет играть доминирующую роль в развитии системы человек – природа. Только предельная гуманизация общества, относительно бесконфликтное его  
  включение в систему биосферы, основанные на использовании только  
  прироста ресурсов, может спасти человечество. Управлять люди будут не природой, а, прежде всего собой. И в этом смысл закона ноосферы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные антропогенные факторы, существенно влияю-щие на биосферу
2. Какова динамика сокращения видового биологического разно образия планеты?
3. Какова динамика сокращения площади естественных лесов планеты?
4. Каково влияние антропогенных токсикантов на живые организмы? 5. Охарактеризуйте искусственную интродукцию организмов как форму биологического загрязнения окружающей среды
5. Представьте деятельность человека как эволюционного фактора
6. Каковы перспективы природоохранных биотехнологий?

**ОХРАНА ПРИРОДЫ**

**Прикладные аспекты экологии.** В последние годы принято говорить о разрушающем влиянии человека на природные сообщества. Говоря о сохранении устойчивых и продуктивных сообществах в антропогенных ландшафтах, мы имеем в виду такие системы, в которые человек может включаться, используя часть продукции. Закономерности их формирования и поддержания – чисто экологические, а их познание и умелое применение предоставляет основу современных прикладных проблем экологии.

Антропогенное влияние на среде не ограничиваются воздействием на здоровье человека прямыми формами действия на флору и фауну. Упрощение структуры экосистем, уменьшение набора составляющих их видов означает нарушение эволюционно сложившихся механизмов, поддерживающих устойчивость экологических систем и эффективность их функционирования. Это ведет к снижению уровня продуктивности, угрожает поддержанию постоянства газового состава атмосферы, нарушает естественные процессы самоочищения воды, поддержания плодородия почв и т.д.

Сохранение биологического разнообразия означает сохранение регуляторных механизмов природной среды, обеспечивающих бесперебойное функционирование экосистем и поддержание устойчивого уровня биологической продуктивности, регуляции физико-химических свойств биосферы, формирование и регулирование климата и других условий существования жизни на планете.

Таким образом, борьба за охрану природы, предотвращение гибели различных представителей растительного и животного мира, и, прежде всего, сохранение здоровья самого человека представляет собой важную и трудную задачу.

Элементы охраны природы стали появляться в деятельности человека с момента появления первых признаков возможного истощения природных ресурсов. Возникшие еще на заре человеческого общества культовые охраняемые участки леса и иных угодий играли природоохранную роль. Более социальное и направленное значение имели заповедно-охотничьи угодья феодалов и других крупных землевладельцев, создание с начала ХVІІ в. национальных парков и заповедников. История развития человечества показывает, что элементы охраны природы – сохранение отдельных видов и целостных биоценотических комплексов, возникших стихийно, неуклонно развивались, что вылилось в систему мероприятий по охране природных ресурсов, направленную на ограничение эксплуатации отдельных видов растений и животных. Стали проводиться широкие комплексные мероприятия по экологии видов, оказавшихся в угрожаемом положении (соболь, бобр, зубр, лось, сайга и др.), их акклиматизации, реакклиматизации, созданию специализированных заповедников и т.д. научная база таких мероприятий – аутэкологические исследования.

Примерно с середины ХХ века, когда стала очевидно критической ситуация в биосфере, вызванная нарастающим антропогенным прессом, центр тяжести переместился на охрану окружающей среды. Это привело к развитию антропоцентрического подхода в экологии, при котором техногенные нарушения в биосфере рассматривались только в аспекте их прямого влияния на человека. Такая позиция отвлекла внимание от истинно экологических проблем, связанных с глобальным эффектом техногенных влияний на биосферу в целом через нарушение функционирования отдельных экосистем и их ландшафтных комплексов. Лишь в последние десятилетия биоцентрический подход в экологии вновь занял свое место.

Современный подход к проблеме охраны природы предусматривает количество охранных мероприятий, проведение фундаментальных экологических исследований разного масштаба и использование их результатов для активного вмешательства в нарушенные экосистемы с целью признания им адаптивных в новых условиях черт, повышения их устойчивости и продуктивности. При таком подходе антропоцентрический и биоцентрический подходы в экологии гармонично сочетаются в общей проблеме поддержания целостности функций глобальных экологических систем. К решению этой задачи, помимо биологов, подключаются специалисты других областей естествознания, а также экономисты, социологи, технологи, юристы, журналисты и другие представители гуманитарных и технических наук.

Современная ситуация на нашей планете характеризуется почти повсеместно резким ухудшением качества природной среды: загрязнением атмосферного воздуха, почвы, рек, озер, морей, обеднением, а часто полным исчезновением многих видов животного и растительного мира, деградацией почв, опустыниванием, уничтожением лесов и т.п.

Существует четыре основных источников загрязнения окружающей среды: промышленность, автотранспорт, сельское хозяйство, энергетика, а основными загрязнителями являются газообразные вещества, аэрозоли, твердые частицы, радиоактивные вещества, которые, попадая во все компоненты биосферы, мигрируют в них, накапливаются и оказывают отрицательное воздействие на живые организмы. В понятие окружающей среды входит, прежде всего, атмосфера.

**Контрольные вопросы:**

1. Почему в настоящее время во всех странах проявляется повышенный интерес к проблемам охраны природы?
2. Чем антропоцентрический подход в экологии отличается от биоцентрического?
3. Что предусматривает современный подход к проблеме охраны природы?

**ВОЗДУШНАЯ СРЕДА.** Атмосфера – газообразная оболочка Земли, общая масса которой 5,9 1015 т. Главными составными частями атмосферы являются азот (78,08%), кислород (20,85%), аргон (0,93%), диоксид углерода (0,03%), а остальные элементы находятся в весьма малых количествах: водород – 0,3⋅10-5%, озон – 3,6⋅10-5% и т.д. Атмосферу делят на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу, экзосферу.

Тропосфера примыкает непосредственно к земной поверхности. Она простирается приблизительно на 10 км высоты над полюсами и на 18 км над экватором. В этом слое идет непрерывное перемешивание воздуха, как по горизонтали, так и по вертикали, что приводит к понижению температуры по мере приближения к Земле примерно на 6,5оС на 1 км. В тропосфере сконцентрировано 75% всей массы атмосферы, основное количество водяного пара и мельчайших частиц примесей, способствующих образованию облаков.

Выше тропосферы расположен слой толщиной около 40 км, который называется стратосферой. Для нее характерны слабые воздушные потоки, малое количество облаков и постоянство температуры (-56оС) до высоты примерно 25 км, затем повышается до +10оС на отметке 50 км. В стратосфере сконцентрирована основная часть атмосферного озона.

За стратосферой на высоте более 50 км находится мезосфера, где температура опять понижается. На высоте около 80 км она равна – 70оС. За мезосферой (более 80 км над земной поверхностью) расположена термосфера (ионосфера), не имеющая определенной верхней границы, где температура увеличивается и достигает на высоте 500-600 км + 1600оС.

Наиболее удаленный от Земли слой атмосферы – экзосфера – 800-1600 км с ничтожной плотностью воздуха и очень высокой температурой. В ней происходит утечка наиболее легких газов (в основном, водорода и гелия) в космическое пространство.

Атмосфера участвует в регуляции теплового режима Земли. Газовая оболочка предохраняет Землю от чрезмерного остывания и нагревания, спасает все живущее на планете от губительных ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей. Велико значение атмосферы в распределении света и распространении звука.

Атмосфера Земли претерпевает антропогенные изменения, в ряде случаев коренного характера: модифицируются ее свойства и газовый состав, повышается запыленность, возрастает опасность разрушения стратосферного озона, нижние слои атмосферы насыщаются вредными для живых организмов газами и веществами промышленного и другого хозяйственного происхождения.

Наиболее значимое влияние на состав атмосферы оказывают предприятия черной и цветной металлургии, химическая и нефтехимическая промышленность, энергетические предприятия, целлюлозно-бумажная промышленность, автотранспорт.

По агрегатному состоянию загрязняющие вещества подразделяются на твердые, жидкие и газообразные. Последние составляют около 30% от общей массы, выбрасываемых в атмосферу веществ. Наиболее распространенными газами загрязняющими атмосферный воздух являются сернистый и серный ангидриды, окислы азота, оксид углерода, аммиак, сероводород, углеводороды и другие. Твердые частицы, поступающие в атмосферу чаще всего состоят из несгоревших частиц угля, золы, соединений свинца, кадмия, мышьяка, сурьмы, кремнезема, хлоридов и др. В состав жидких аэрозолей входят пары ртути, кислот, фенолы. Большинство из перечисленных поллютантов обладают фитотоксичным эффектом, мутагенными, канцерогенными, тератогенными, эмбриотоксичными свойствами. Под воздействием загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, в экологических системах наблюдается широкое разнообразие реакций на самых различных уровнях организации живой материи – клеточном, тканевом, организменном, популяционном, биоценотическом. Повреждения организмов происходят на биохимическом, ультраструктурном, клеточном уровнях.

Указанные выше загрязнители (окись углерода, окислы азота, углеводороды, твердые частицы и пр.) атмосферы нарушают естественный круговорот веществ, способствуя возникновению ряда негативных последствий (парниковый эффект, фотохимический смог, разрушение озонового слоя, образование кислотных дождей).

**ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ.** Парниковый эффект – это естественный компонент климата Земли. Он заключается в том, что отдельные газы (СО2, метан, пары воды и др.), содержащиеся в атмосфере (их называют парниковыми газами), поглощают часть длинноволновой (тепловой) радиации, которую излучает земная поверхность в мировое пространство. Это явление играет чрезвычайно важную роль для всех форм жизни на Земле, поскольку в противном случае температура земной поверхности была бы ниже примерно на 30оС. Однако отдельные виды хозяйственной деятельности человека способны усилить парниковый эффект, т.к. при этом в атмосферу поступают дополнительные количества парниковых газов.

Концентрация двуокиси углерода в атмосфере увеличилась по сравнению с до индустриальной эпохой на 28%. Доли некоторых государств в глобальном выбросе двуокиси углерода составляют: США – 22%, Россия, Китай и Индия – по 15%, Германия и Япония – по 5%.

К газам, создающим парниковый эффект, относится и метан, поэтому очень важно определить реальные его потери при добыче, транспортировке по трубопроводам, распределении в городах и населенных пунктах, при использовании на станциях теплоснабжения и электростанциях.

К наиболее загрязняющим атмосферу отраслям выбросами углерода относятся топливно-энергетические, нефтехимические, металлургические. Одним из главных источников загрязнения атмосферы углекислым газом является автомобильный транспорт. Содержание углерода в атмосфере растет также в результате вырубки и сжигания лесов.

Если человечество не примет меры, чтобы сократить выбросы «парниковых» газов, к середине ХХI века средняя глобальная температура приземной атмосферы может повысится на 4,5оС.

«Парниковый» эффект может нарушить климат планеты, изменив такие важные величины, как количество осадков, направление ветров, слой облаков, океанские течения и размеры полярных ледниковых шапок. Повысится уровень Мирового океана, возникнут проблемы у островных государств и в странах, расположенных на побережье.

Однако есть и положительные последствия парникового эффекта, которые могут быть связаны с улучшением состояния лесных экосистем сельского хозяйства. Повышение температуры приведет к увеличению испарения воды, это вызовет повышение влажности климата, что особенно важно для улучшения состояния засушливых зон.

Для решения спектра климатических проблем в декабре 1997 года в городе Киото состоялась международная конференция на высшем уровне. Было решено, что необходимо предпринять решительные меры по снижению эмиссии углекислого газа в атмосферу. В связи с ратификацией Россией решений Киотского протокола в январе 2005 года, эти договоренности вступили в силу. Среди крупных государств, отозвавших свои подписи под этим протоколом, числится только правительство США.

**ОЗОНОВЫЙ ЭКРАН ЗЕМЛИ.** Важнейшей составной частью атмосферы является озоновый слой. Озон – трехатомные молекулы кислорода – рассеян над Землей на высоте от 20 до 35 км, его максимальная плотность наблюдается на высоте 22-26 километров. Защитная оболочка очень невелика – 3,3 млрд т газа, он находится в разреженном состоянии; «толщина» в гипотетически сжатом состоянии на уровне моря составила бы всего 2,5-3 мм.

Содержание озона в атмосфере не достигает и одной миллионной доли от содержания остальных газов, однако именно он защищает людей и живую природу от жесткого ультрафиолетового излучения солнечного спектра (короткой части спектра).

Запуск мощных ракет, полеты реактивных самолетов в высоких слоях атмосферы, испытания ядерного и термоядерного оружия, ежегодное уничтожение природного озонатора – миллионов гектаров леса – пожарами и хищнической рубкой, массовое применение фреонов - хлорфторуглеродов (ХФУ) в технике, парфюмерной и химической продукции в быту, окислы азота, тяжелых металлов – главные факторы, разрушающие озоновый экран Земли.

Озонразрушающие вещества (ОРВ) – инертные, негорючие, неядовитые, несложные в производстве получили широкое распространение в баллончиках с аэрозолями различного назначения, а также, как охлаждающие жидкости в холодильниках и кондиционерах, как растворители (тетрахлорметан, метилхлороформ, бромистый метил), в производстве пестицидов. Бромистый метил используется в качестве дезинфицирующего вещества для почв и товаров, применяется в качестве добавки к автомобильному топливу. Ряд химических соединений, разрушающих озоновый слой, используется в баллонах для тушения пожара, при изготовлении полистироловых стаканчиков и современных упаковок для фасовки продуктов и полуфабрикатов.

Фреоны, попадая в область энергетически мощной коротковолновой солнечной радиации, разрушаются, выделяя свободный хлор, который при столкновении с молекулами озона выбивает из нее один атом и в результате остается уже не озон, а кислород, один атом хлора способен уничтожить 100 тысяч молекул озона.

В начале 80-х годов было отмечено существенное уменьшение содержания озона в атмосфере полярных областей земного шара. В октябре 1985 г. появилось сообщение о том, что концентрация озона в атмосфере на английской станции Халли-Бей в Антарктиде уменьшилась на 40%, а над японской станцией весной уменьшилась в 2 раза. Это явление и получило название «озоновой дыры».

В 80-90 годы над Северным и Южным полюсами возникли «озоновые дыры» площадью свыше 10 млн км2 каждая, а также над многими странами Европы, над Россией. Прорыв через «озоновые дыры» ультрафиолетовых лучей, энергия фотонов которых превышает энергию лучей видимого спектра в 50-100 раз, увеличивает число раковых заболеваний кожи.

Истощение озонового слоя в атмосфере Земли приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность, что создает опасность для всего живого на нашей планете. Ультрафиолет обладает достаточной энергией, чтобы разрушить многие органические молекулы, включая ДНК. С ростом интенсивности ультрафиолетовой радиации ученые связывают увеличение заболеваний глаз, онкологических заболеваний людей, ослабление иммунной системы, возникновение мутаций. Рост интенсивности ультрафиолетового излучения сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур, уменьшении продуктивности фитопланктона, приводит к нарушению баланса, диоксида углерода и кислорода и т.д. Таким образом, разрушение озонового слоя оказывает отрицательное влияние на здоровье человека, животный и растительный мир, климат, Мировой океан и биосферу в целом.

В 1987 г. правительства 56 стран подписали Монреальский протокол, по которому обязались в ближайшее десятилетие вдвое сократить производство фторуглеродов и других веществ, разрушающих озоновый слой. К 1996 г. промышленно развитые страны полностью прекратили производство фреонов, а также разрушающих озон галлонов и тетрахлорида углерода.

С момента подписания Монреальского протокола осуществляется широкое международное сотрудничество по охране озонового слоя Земли. Благодаря согласованным усилиям международного сообщества за эти годы производство и потребление веществ, наиболее опасных для озонового слоя, сократилось более, чем вдвое. Все это показывает, что согласованные действия государств могут привести к существенному улучшению экологической обстановки.

**КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ.** Кислотность той или иной среды обусловлена наличием свободных ионов водорода Н+. Вода способна диссоциировать с образованием ионов Н+ и ОН-, которые рекомбинируя, вновь образуют молекулу воды. Скорость диссоциации мала, и при 20оС концентрация ионов водорода в химически чистой воде составляет 10-7 моль/л. концентрацию свободных ионов водорода принято обозначать символом рН, представляющим собой отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода в размерности моль/л. Таким образом, рН химически чистой воды при 20оС равен 7,0. Растворы с рН<7,0 будут кислотными, с рН>7,0 – щелочными. На основании этого все вещества, способствующие образованию свободных ионов водорода и, соответственно, снижению рН, называют кислотообразующими.

Атмосферные осадки в отсутствии других примесей должны иметь рН – 5,6. Типичным природным кислотообразующим веществом является диоксид углерода. В естественных условиях дождевые осадки содержат различные примеси, влияющие на значение рН. Количество и состав примесей зависит от характера района, где формируются облачные системы и выпадают осадки.

Начало ощутимого влияния человека на химический состав атмосферных осадков связано с индустриализацией общества. С промышленными выбросами в атмосферу попадает большое количество кислотообразующих веществ (SO2, NОх и др.), приводящих к образованию кислот, в том числе, таких сильных, как серная, азотная, соляная, фтористо-водородная. При сжигании угля, горючего сланца, мазута в составе выделяющихся газов содержатся диоксид серы и азота. Миллионы тонн диоксидов серы, выбрасываемые в атмосферу, превращают выпадающие дожди в слабый раствор кислот. Окислы азота образуются в двигателях внутреннего сгорания и котельных установках.

Кислотные дожди оказывают существенное влияние на состояние экологических систем суши и пресных вод: снижается продуктивность, сокращается поступление питательных веществ, меняется состав микроорганизмов. Огромный вред наносят кислотные дожди лесам, при этом особенно страдают хвойные. Значительно снижаются под воздействием кислотных дождей урожайность сельскохозяйственных культур: повреждаются покровные ткани растений, замедляют рост и развитие, уменьшается их сопротивляемость к болезням и паразитам.

Увеличение кислотности в водных экосистемах приводит к деградации популяций различных видов рыб и других представителей гидробионтов.

Кислотные дожди отрицательно воздействуют на почвы, в частности, при уменьшении рН менее 5,0 начинается прогрессивное снижение плодородия, а при рН, равным 3,0, почвы становятся практически бесплодными.

Повышенная кислотность ускоряет коррозию металлических конструкций зданий, мостов, плотин и др., а также наносит серьезный ущерб памятникам мировой культуры. Негативные последствия кислотных дождей зафиксированы в Канаде, США, ряде стран на севере Европы (Швеции, Норвегии, Финляндии), в странах СНГ и других районах мира.

**Контрольные вопросы:**

1. В чем принципиальное различие состава атмосферы Земли от газовых оболочек других планет Солнечной системы?
2. Перечислите загрязняющие атмосферу вещества и основные источники их выбросов?
3. Существует ли взаимосвязь между энергопотреблением,

экономической деятельностью и выбросами «парниковых газов»?

1. В чем причины возникновения «парникового эффекта» и каковы

его последствия для биосферы?

1. Перечислите основные озоноразрушающие вещества и источники

их выбросов.

1. В чем причины и последствия разрушения озонового экрана

Земли?

1. Каковы причины образования кислотных дождей?
2. Почему кислотные осадки являются для многих регионов планеты экологической проблемой?

**РАЗДЕЛ VII. ГИДРОСФЕРА**

ОХРАНА ГИДРОСФЕРЫ. Гидросфера – это водная оболочка Земли, которая включает Мировой океан, воды суши (реки, озера, ледники), подземные воды. Гидросфера находится в тесной взаимосвязи с литосферой (подземные воды), атмосферой (парообразная вода) и живым веществом, в состав которой она входит в качестве обязательного компонента.

Подавляющая часть гидросферы (94%) приходится на Мировой океан, затем идут подземные воды и ледники. На долю поверхностных вод в гидросфере приходится весьма малый объем (0,0001%), но исключительная их эффективность служит началом формирования почти всех источников пресных вод на суше.

К числу одной из важнейших проблем современности относится загрязнение и истощение водных ресурсов. Так, загрязнение пресных вод, рост численности населения и развитие различных отраслей промышленности ведут к нарастающим масштабам загрязнения рек, озер, других континентальных водоемов бытовыми и промышленными стоками. Многие из веществ, входящих в состав сточных вод, токсичны для человека и многих других живых организмов. Среди промышленных выбросов особую опасность для живого населения водоемов представляют нефтепродукты, кислоты, поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы, соли и др. Бытовые и промышленные стоки меняют степень солености водоемов, величину рН, кислородный режим и другие параметры водной среды. Все это ведет к обеднению видового состава водных экосистем, снижению продуктивности и устойчивости. Во многих водоемах загрязнение промышленными и сельскохозяйственными отходами приводит к замене основных промысловых рыб на менее ценные. В большинстве озер и рек Европы сиговые, лососевые и осетровые рыбы оказываются в особо неблагоприятных условиях и постепенно замещаются более короткоцикличными норновыми и окуневыми (плотва, лещ, окунь, ерш).

«Кислотные дожди», особенно характерные для Восточной Европы, также серьезная угроза для водных экосистем, т.к. под их влиянием изменяется рН среды. Установлено, что при снижении рН воды горных озер Швеции от 5,5 до 5,0 из состава ихтиофауны исчезли хариус, арктический голец, налим. В озерах, где рН воды ниже 4,7-4,5, рыб практически нет.

Бытовые стоки, богатые органикой, ведут к повышению эвтрификации водоемов, неблагоприятно сказывающейся на их кислородном режиме и продуктивности. Обилие органических веществ ведет к усилению развития фитопланктона («цветение» воды), многих других гидробионтов и прибрежных зарослей высшей растительности. Возникает дефицит кислорода, расширяется глубинная зона с анаэробным обменом, накоплением сероводорода, аммиака и т.д. Это ведет к гибели ценных видов рыб и ухудшению питьевых качеств воды, многие эвтрофированные водоемы теряют хозяйственное значение. Ежегодно в реки и другие водоемы сбрасывается около 450 км3 сточных вод.

В Республике Казахстан насчитывается свыше 85 тыс. рек и временных водотоков, более 3400 озер, 4500 прудов и водохранилищ. Наиболее крупными реками являются Иртыш, Урал, Ишим, Тобол. Из бессточных районов Южного и Центрального Казахстана – реки Сырдарья, Или, Нура, Сарысу. На территории Казахстана расположены крупные замкнутые водоемы – оз. Балхаш, Аральское море.

Основными водопотребителями в республике являются сельское хозяйство, промышленность, теплоэнергетика. В связи с чем основными загрязнителями поверхностных вод являются тяжелые металлы, нитраты, нефтепродукты, пестициды.

**Загрязнение озер и морей Казахстана**

*Озеро Балхаш*. Основным загрязнителем его являются промышленные стоки комбината «Балхашмедь». С этими стоками в озеро ежегодно поступают разнообразные тяжелые металлы, в том числе медь, свинец, мышьяк, цинк, а также нефтепродукты.

*Каспийское море*. Каспийское море – это крупнейший бессточный водоем Земли, в котором обитают древнейшие представители хрящевых рыб – осетровые (осетр, белуга, севрюгу, шип), а также другие ценные породы рыбы (судак, сазан, лещ и др.).

Антропогенное воздействие в бассейне Каспия связано со строительством ГЭС и водохранилищ, зарегулированием стока вод, химическим загрязнением, прежде всего нефтепродуктами. Значительная часть токсикантов на акваторию Каспийского моря приносится воздушным путем. Особую актуальность приобрела проблема колебания уровня Каспия. С 1977 г. его уровень интенсивно поднимается, в настоящее время он превысил 2 м и составляет 26 м от мирового уровня.

*Аральское море и все Приаралье* несколько десятилетий тому назад представляло собой вполне благоприятную по природным условиям и богатством пустынную экосистему. Его площадь составляла 68,32 тыс. км2, объем воды был около 1066 км3, максимальная глубина – 40 и более м, соленость воды составляла 10-12%. Уловы рыбы достигали 40-50 тыс. т/год. С 60-х годов начали увеличивать площади орошаемых земель в республиках Средней Азии и Казахстана. Для полива сельхозугодий, главным образом, водоемких культур – хлопка и риса, в значительном количестве забиралась вода из рек Сырдарья и Амударья, вследствие чего речной сток в Аральское море стал с каждым годом уменьшаться. В результате уровень моря упал, уменьшился объем воды, соленость повысилась, достигая 28-30%. Усыхание моря привело к изменению климатических факторов в Приаралье.

Из-за гибели рек и усыхания Аральского моря резко изменился растительный и животный мир региона.

**Загрязнение морей и океанов**

Загрязнение пресных вод имеют отдаленные последствия. Значительное количество загрязняющих веществ выносится с речным стоком и сбрасывается в море. Объем сточных вод, ежегодно поступающего в прибрежную зону Мирового океана, исчисляется тысячами км3 и составляет для разных морей от 0,1 до 20% и более от объема годового стока, впадающих в них рек.

Реальную опасность экологическому равновесию в океане представляют следующие формы антропогенного воздействия: химическое и радиоактивное загрязнение, нарушение механизма воспроизводства морских организмов, отторжение берегового и акваториального пространства для хозяйственных целей.

Исследования последних лет показали обширный характер распространения полей загрязнения в Мировом океане. Основными компонентами загрязнения морской среды являются нефть и нефтепродукты, детергенты и диспергенты, промышленные отходы и сточные воды, сельскохозяйственные стоки, пестициды, переходные и тяжелые металлы, нагретые сточные воды из системы водного охлаждения прибрежных электростанций и промышленных предприятий. Все более острый характер приобретают проблемы эвтрофикации и микробиологического загрязнения внутренних морей и прибрежных вод океана. Также наблюдается значительное загрязнение морской среды в результате судоходства и работ, связанных с разведкой, добычей полезных ископаемых в прибрежной и шельфовой зонах.

К числу наиболее вредных и опасных химических загрязнений относятся нефть и нефтепродукты. Почти треть добываемой на планете нефти поступает из скважин, пробуренных в морском дне. Неуклонно растет на шельфе и добыча газа. Нефтеразведку на шельфе ведут более 100 государств, открыто около 2000 месторождений нефти и газа, на 700 из них уже ведется добыча. Со дна морей и океанов ежегодно извлекают 700 млн. т нефти, что составляет 30% мировой добычи. Их морских глубин поднимают на поверхность более 300 млрд. м3 газа.

Широкие масштабы транспортировки нефти в танкерах повышенного тоннажа почти всегда сопровождаются потерями нефтепродуктов, а в ряде случаев – авариями с выбросом огромного количества нефти и ее производных. Ежегодно в Мировой океан попадает более 10 млн. т нефти, 1 т нефти способна покрыть до 12 км2 поверхности моря. Нефтяная пленка изменяет все физико-химические процессы: повышается температура поверхностного слоя воды, ухудшается газообмен, нарушаются гидробиологические условия в океане.

Загрязняющие вещества, инкорпорированные в поверхностные пленки, входят в соприкосновение с нейстонными организмами, населяющими приповерхностный микробиотоп пелагиали океана. Это одно из наиболее опасных последствий загрязнения, поскольку нейстонный биоценоз включает личинки и мальков многих ценных промысловых гидробионтов, а также микробное «население», играющих важную роль в процессах окисления и трансформации загрязняющих веществ на поверхности океана. В морской биоте, подверженной воздействию токсикантов, происходят самые различные изменения – от постепенного уменьшения особей, перестройки энзиматических систем до прекращения размножения и смерти организмов.

Загрязнение морской среды нашло свое реальное выражение в следующих процессах и явлениях: нарушение устойчивости экосистем, прогрессирующая эврофикация, накопление химических токсикантов в биоте, снижение биологической продуктивности, возникновение мутагенеза, канцерогенеза в морской среде, микробиологическое загрязнение прибрежных районов моря.

**Самоочищение морей и океанов**

Самоочищение морей и океанов – сложный процесс, при котором происходит разрушение компонентов загрязнения и включение их в общий круговорот веществ. Факторы самоочищения водоемов многочисленны и многообразны. Условно их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

Среди физических факторов, обусловливающих самоочищение водоемов, первостепенное значение имеют разбавление, растворение и перемешивание поступающих загрязнений. Оседание в воде нерастворимых осадков, а также отстаивание загрязненных вод способствуют самоочищению водоемов. Важным физическим фактором самоочищения водоемов является ультрафиолетовое излучение солнца. Под влиянием этого излучения происходит обеззараживание воды.

Важнейшую роль в процессе естественного самоочищения водной среды играют морские организмы: водоросли, моллюски (мидии, устрицы, гребешок), более 70 родов микроорганизмов, включая бактерии, грибы, дрожжи. Они участвуют в процессах деструкции нефти и углеводородов, накоплении и осаждении тяжелых металлов.

**Контрольные вопросы:**

1. Почему загрязнение и истощение водных ресурсов является одной из основных экологических проблем современности?
2. Приведите известные вам примеры истощения водных ресурсов в Казахстане?
3. Какую роль играет Мировой океан в жизни человечества?
4. Какими веществами загрязняется Мировой океан и в чём их опасность?
5. Какие факторы окружающей среды способствуют самоочищению водоёмов?
6. Существуют ли эффективные меры по ликвидации и предотвращению загрязнения Мирового океана?

**РАЗЛЕЛ VIII. ЛИТОСФЕРА И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

**Структура литосферы и факторы почвообразования.** Литосфера – верхняя «твердая» оболочка Земли, постепенно переходящая с глубиной в сферы с меньшей прочностью вещества. Включает земную кору и верхнюю мантию Земли. Мощность литосферы – 50-200 км, в том числе земной коры – до 75 км на континентах и 10 км под дном океана. Одним из важнейших природных ресурсов является почва. К факторам почвообразования относятся:

почвообразующие породы, климат, рельеф, возраст, вода (почвенная и грунтовая), растительные и животные организмы, хозяйственная деятельность человека.

**Почвообразующие породы** – субстрат, на котором образуются почвы; они состоят из различных минеральных компонентов, в той или иной степени участвующих в почвообразовании. Минеральное вещество составляет 60-90% всего веса почвы. От характера материнских пород зависят физические свойства почвы – водный и тепловой ее режимы, скорость передвижения веществ в почве, минералогический и химический состав, первоначальное содержание элементов питания для растений. От характера материнских в большой мере зависят и тип почв.

**Роль растений, животных, микроорганизмов и их функции в почвообразовании**. Органические соединения почвы формируются в результате жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов. Основная роль при этом принадлежит растительности. На поверхности почвы органическое вещество под воздействием животных, бактерий, грибов, а также физических и химических агентов разлагается с образованием почвенного гумуса. Зольные вещества пополняют минеральную часть почвы. Неразложившийся растительный материал образует так называемую лесную подстилку (в лесах) или войлок (в степях и лугах).

Основная функция животных организмов в почве – преобразование органических веществ. В почвообразовании принимают участие как почвенные, так и наземные животные. В почвенной среде животные представлены, главным образом, беспозвоночными и простейшими. Некоторое значение имеют также позвоночные (кроты, мыши-полевки и др.). Огромное значение в процессах, протекающих в почве, имеют микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, низшие грибы, одноклеточные водоросли, вирусы и др.). Они принимают участие в биотическом круговороте веществ, разлагают сложные органические и минеральные вещества на более простые. Органическое вещество почвы, образовавшееся в ней при разной степени разложения растительных и животных остатков, носит название *гумус* или *перегной.*

Почва – это весьма сложная открытая система, находящаяся в постоянных обменных взаимодействиях с другими элементами биосферы, зависящая от их состояния и, в свою очередь, оказывающая весьма существенное влияние на сопредельные элементы биосферы (атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды). Почва находится под постоянным прессом воздействия компонентов климата и погоды, флоры и фауны, а в современных условиях порой испытывает мощное воздействие антропогенных нагрузок.

Литосфера и особенно ее верхняя часть стала за последние десятилетия объектом наиболее чувствительных антропогенных нагрузок. Это результат активного вторжения человека в область земных недр, производимых им изменений рельефа местности природных ландшафтов, строительство крупных инженерно-технических сооружений, как вынужденных, так и неоправданных изъятий из сельскохозяйственного оборота земель, разрушения и загрязнения почвы, опустынивания и ряда других процессов.

Почва, как объект охраны и контроля, имеет ряд специфических особенностей в сравнении с другими объектами окружающей среды. Прежде всего, почва значительно менее подвижна, чем атмосферный воздух или поверхностные воды и в связи с этим практически не располагает таки мощным фактором естественного самоочищения, свойственного другим средам, как разбавление. Антропогенные загрязнения, попавшие в почву, накапливаются, эффекты суммируются.

Земельный фонд планеты составляет 13,4 млрд. га. Он подразделяется на: возделываемые земли (пашни и плантации) – 1,5 млрд. га (11%0, пастбища – 3,2 млрд га (24%), леса и кустарники – 4,07 млрд га (31%), прочие земли (пески, каменистые пространства, селитебные земли и пр.) – 4,4 млрд. га (34%).

В результате застройки, горных работ, отвода территорий для дорог и других несельскохозяйственных объектов мировое сельское хозяйство теряет от 50 до 70 тыс. км2 ценных плодородных земель. Ежегодно вследствие эрозии из сельскохозяйственного оборота выпадает 6-7 млн. га земель, а из-за засоления, заболачивания, выщелачивания – 1,5 млн.га. В результате эрозии верхний плодородный слой почвы на Земле истощается со скоростью 7% за десятилетие, хозяйственная деятельность человека усиливает процесс естественной эрозии в 2—2,5 раза. При интенсивной эрозии (водной и ветровой) снижается плодородие почвы, повреждаются посевы. Промоины, рытвины, овраги превращают сельскохозяйственные угодья в неудобные земли, уничтожается самый плодородный слой почв. К тому же эрозия часто приводит к разрушению дорог, линий связи и других коммуникаций.

В еще большей степени, чем почвы умеренной зоны, подвержен изменениям почвенный покров тропических районов мира ввиду ливневого характера дождей и самого состава почв. А в аридных зонах большой ущерб сельскому хозяйству наносят пыльные бури, которые поднимают в воздух тучи пыли, песка, почвы. Иногда ветер выдувает слой почвы на 15—20 сантиметров, перенося ее на огромные расстояния. Имеются сведения о распространении пыльных бурь с африканского континента на американский.

**Антропогенное воздействие на почву и опустынивание.** Крупной мировой проблемой является процесс опустынивания. Общая площадь антропогенных пустынь мира составляет более 9 млн. квадратных километров. Еще 19% суши находится на грани опустынивания (скорость опустынивания – 6 млн. га в год). Опустынивание (на 70% в среднем по миру) происходит, главным образом, в результате нерационального ведения хозяйства (уничтожение древесной растительности, неумеренной эксплуатации пастбищ, нерациональном использовании водных ресурсов и др.) опустынивание наблюдается в 100 странах мира. Территории с наиболее высокой степенью опустынивания составляют в Азии около 19%, в Африке – 23%, в Австралии – 45%. В Южной Америке около 10% от общей площади.

В аридных зонах стран СНГ (Приаралье, Прибалхашье, горные районы Средней Азии и др.) также идут интенсивно процессы опустынивания, захватившие высотно-зональные геосистемы Средней Азии и Южного Казахстана (Тянь-Шань, Памиро-Алтай и др.). концентрация промышленных предприятий (без каких-либо очистных устройств) в межгорных котловинах и долинах влечет многократное загрязнение атмосферы, источников водоснабжения и орошения. В итоге происходит рост процессов опустынивания в горных системах, приводящих к изменению структуры и уменьшению биологической продуктивности ландшафтов.

**Загрязнение литосферы: поверхностные и подземные воды.** Все более глобальный характер приобретает загрязнение литосферы (в частности почв, подземных вод), а также интенсивное использование подземной среды (захоронение отходов, складирование нефти и газа, проведение ядерных испытаний, строительство различных подземных сооружений и т.д.).эксплуатация минеральных богатств литосферы достигла в настоящее время гигантских масштабов. Извлечение ежегодно 80 млрд т различных рудных и нерудных материалов из недр земли сопровождается многочисленными формами нарушения и даже коренного изменения рельефа земной поверхности и ландшафта. За последние 150 лет горные работы привели к образованию на Земле отвалов объемом 100 км3 и карьеров 40-50 км3.

Один из ценнейших ресурсов литосферы – подземные воды. Большая часть запасов пресной воды на нашей планете, не считая ледников, приходится именно на подземные воды. В настоящее время интерес к подземным водам резко возрос; зачастую они являются наиболее экономичным водным ресурсом. Однако существует опасность дальнейшего качественного истощения подземных вод в связи с расширяющейся практикой захоронения (включая весьма глубокие горизонты) загрязняющих отходов производства, в том числе наиболее токсичных и радиоактивных.

Все более опасный характер приобретает загрязнение почв промышленными, сельскохозяйственными отходами производств и потребления. Почвенный покров вблизи предприятий энергетической, горнодобывающей, металлургической, химической, нефтехимической промышленности испытывает высокие техногенные нагрузки. В результате выбросов этих предприятий, сжигания угля и нефти на земную поверхность выбрасываются сотни тысяч тонн тяжелых металлов – меди, цинка, свинца, ртути, кобальта, никеля, кадмия и др. существенный вклад в загрязнение почв вносит и автотранспорт. С выхлопными газами автотранспорта на земную поверхность попадает 260 000 т свинца в год.

На тепловых электростанциях ежегодно образуется около 100 млн т золы, шлаковых отходов, из которых используется пока лишь 10%. Отвалы золы и шлака занимают около 140 000 га почвы.

В Республике Казахстан уровень загрязнения почв ингредиентами, относящимися к первому классу опасности (свинец, ртуть, кадмий) в крупных промышленных центрах, таких, как Усть-Каменогорск, Зыряновск, Лениногорск, Шымкент и др., превышает в десятки и сотни раз фоновые уровни и предельно-допустимые концентрации.

Промышленные и сельскохозяйственные загрязнения изменяют свойства почвы и почвообразовательных процессов, снижают потенциальное плодородие, технологическую и питательную ценность сельскохозяйственной продукции и т.д. для контроля, определения комплекса природоохранных мероприятий и прогноза потенциальной продуктивности почвы разработана единая система показателей, отражающих изменение процессов почвообразования и, как следствие, свойств почвы. Система показателей позволяет анализировать состояние почвы (водно-физические, химические и биологические свойства) в условиях антропогенных загрязнений.

Охрана и рациональное использование почв и земельных ресурсов осуществляется на основе комплексного подхода к ним, как к сложным природным образованиям (экосистемам) и включает систему организационных, экономических, правовых, инженерных и других мероприятий, направленных на защиту их от необоснованных изъятий из сельскохозяйственного оборота, нерационального использования, вредных антропогенных и природных воздействий, в целях повышения эффективности природопользования и создания благоприятной экологической обстановки.

Система рационального использования земель должна носить природоохранный, ресурсосберегающий характер и предусматривать сохранение почв, ограничение воздействий на растительный и животный мир, геологические породы и другие компоненты природной среды.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие источники промышленного и сельскохозяйственного загрязнения почв вы знаете?
2. Почему почва не располагает такими мощными возможностями самоочищения, как атмосфера и гидросфера?
3. Приведите примеры, когда ничтожные концентрации загрязняющих веществ в почве приводят к крупным неблагоприятным последствиям?
4. В каких регионах Казахстана образовались очаги загрязнения веществами, относящимися к первому классу опасности, и какие последствия могут отмечаться в этих районах?
5. Каковы причины возникновения опустынивания? В чём опасность этого процесса?

**РАЗДЕЛ IX. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ**

Биологическое разнообразие (БР), формировавшееся миллионы лет, является одним из основных результатов эволюции живых организмов. Сохранение его перестало быть задачей только отдельных специалистов и энтузиастов охраны природы. Все человечество осознало, что потеря каждого биологического вида является невосполнимой утратой и наносит ущерб не только науке и эстетическому восприятию живой природы, по экономическим интересам общества. Практически это выразилось принятием в 1992 году на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро Конвенции о биологическом разнообразии, сторонами которой в настоящее время являются 171 государство и Европейский Союз, в т.ч. Республика Казахстан с 1994 года.

Растения, животные и микроорганизмы на Земле взаимодействуют друг с другом и физическими компонентами в экосистемах, это является основой для устойчивого развития. Биологические ресурсы из этого фундамента служат для жизнеобеспечения людей и дают возможность адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Сегодня имеет место постоянное давление антропогенного пресса на разнообразие генов, видов и экосистем, что в будущем явиться тормозом для прогресса устойчивого развития общества. Необходимо исключить продолжение давления на биологическое разнообразие путем определения дисбаланса между потребностями человека и возможностями природы.

Республика Казахстан, подписав в 1992 году и ратифицировав в 1994 году Конвенцию, выразила тем самым готовность к принятию практических мер по сохранению бесценного дара природы - биологического разнообразия. С ратификацией этого документа республика получила возможность полноправно участвовать во всех мероприятиях, проводимых в рамках Конвенции, и обеспечила доступ к генетическим ресурсам и биотехнологиям, имеющимся в других странах.

Одна из форм сохранения биоразнообразия, используемая во многих странах - это создание биосферных резерватов. Традиционно охраняемые территории (заповедники и т.д.) оказались, как показал международный опыт, малоэффективными, т.к. не учитывали законные права местного населения на использование ими этих ресурсов.

Ввиду разносторонней опасности, стоящей перед природой и естественными ресурсами Казахстана, продолжающаяся деградация ландшафтов и нанесение вреда здоровью населения Советом биологического факультета было предложено в 1996 году ввести в учебный план общий курс для магистров по долговременному сохранению биологического разнообразия, устойчивого развития и рационального использования биоресурсов.

Республика Казахстан, подписав в 1994 году и ратифицировав в 1995 году Конвенцию сохранения биологического разнообразия, выразила тем самым готовность к принятию практических мер по сохранению бесценного дара природы – биологического разнообразия. С ратификацией этого документа республика получила возможность полноправно участвовать во всех мероприятиях, проводимых в рамках Конвенции, и обеспечила доступ к генетическим ресурсам и биотехнологиям, имеющимся в других странах.

**Особенности географического положения и природной специфики Республики Казахстан.** Республика Казахстан расположена в центре Евроазиатского континента (между 55° 26’ – 40° 56’ с.ш. и 46° 27’ – 87° 18’ в.д.) и по территории (2724,9 тыс.кв.км) занимает восьмое место в мире. В административно-территориальном отношении она подразделяется на 14 областей. В республике 83 города, столица – г. Астана. Население 15,9 млн человек. Протяженность территории с запада на восток составляет около 3000 км, с юга на север – 1800 км. Казахстан занимает девятое место в мире по размеру своей территории (2,72 млн км2). Западная граница государства проходит по акватории Каспийского моря, Приволжским степям, поднимаясь на север к южным отрогам Урала, далее на восток вдоль юга Западно-Сибирской равнины до Алтайских хребтов. Восточная граница проходит по хребтам Тарбагатая и Джунгарии, южная - по горам Тянь-Шаня и Туранской низменности до побережья Каспия. Самая высокая точка Казахстана - пик Хан-Тенгри (6995 м над уровнем моря), самая низкая - впадина Карагие (132 м ниже уровня моря). На севере и западе Казахстан граничит с Россией, на юге – с Туркменистаном, Узбекистаном, Кыргызстаном и на юго-востоке с Китаем (рис.1). Особенностью географического положения республики является близость ее к таким важным экономическим районам, как Поволжье - на западе, Урал и Западная Сибирь - на севере и Средняя Азия - на юге. Тесные экономические связи между этими районами и Казахстаном, особенно сильно развившиеся с освоением полезных ископаемых, оказывают большое влияние на развитие и специализацию отраслей хозяйства республики. Занимая среднее положение между Европой и Азией, территория Казахстана с древних времен была ареной оживленных экономических, торговых, культурных и политических связей. И сегодня Казахстан может играть стратегически важную роль связующего звена между Европой, центрально-азиатской частью СНГ, быстро прогрессирующим Азиатско-Тихоокеанским регионом и югом Азиатского материка. Географическое положение республики обусловливает разнообразие геосистем и их компонентов.

**Рельеф.** Поверхность Казахстана очень разнообразна. Высокие горные хребты сочетаются с глубокими межгорными впадинами и равнинами, широко распространенные песчаные массивы – с каменистыми степями, а обширные низменности, поверхность которых лежит ниже уровня океана, с высочайшими горами.

***Рис. 1.*** *Карта Республики Казахстан.*

Наиболее широко в Казахстане развиты аккумулятивные аллювиальные, пролювиальные и пластовые равнины, к которым относятся южная окраина Западно-Сибирской низменности, занимающая значительное пространство на севере республики, Туранская и Прикаспийская низменности на юге и западе. В центральной части республики широко распространен пенеплен – Казахский мелкосопочник (рис.2). Поверхность территории Казахстана чрезвычайно разнообразна. Северо-запад республики занимают южная окраина большого Сырта и предуральское плато (354 м над уровнем моря). К югу от них лежит обширная плоская Прикаспийская низменность. На юго-западе республики расположен полуостров Мангышлак, представляющий собой солончаковую низменность, фактически лишенную растительности, с глубокими бессточными впадинами и островными глинистыми поднятиями. Восточнее расположено плато Устюрт (до 340 м над уровнем моря), окаймленное круглыми обрывами. На северо-востоке Прикаспийская низменность ограничена южными отрогами Урала и Мугоджарами (657 м над уровнем моря). К северо-востоку от Мугоджар расположено Тургайское плато (высота 200-400 м над уровнем моря). На юге оно переходит в Туранскую низменность, занятую пустыней Кызылкум. К северу от Аральского моря находятся песчаные массивы: Большие и Малые Барсуки и Приаральские Каракумы.

** ***Рис. 2.*** *Соотношение классов рельефа*

Центральную часть страны занимает Казахский мелкосопочник. Южнее расположена одна из наиболее безводных пустынь – Бетпак-Дала, с юга окаймленная песками Моинкумы, с востока - Балхашской впадиной и песчаным массивом Сары Есик Атырау. Южнее Балхаша располагается Илийская впадина, восточнее – Сасыкколь - Алакольская котловина.

Около 10% территории Казахстана представлено горным ландшафтом, который образует горные системы Алтая на северо-востоке (гора Белуха - 4506 м над уровнем моря), Западного Тянь-Шаня на юге и юго-востоке, включающие Заилийский (4973 м над уровнем моря), Джунгарский, Таласский Алатау (4488 м. над уровнем моря) и Терскей Алатау (Пик Хан-Тенгри - 6995 м над уровнем моря). Во многих горных областях Казахстана энергично проявляются новейшие тектонические движения и сопутствующие им землетрясения.

**Гидрография.** Казахстан расположен в области трансграничного и конечного стока 22 крупных рек и характеризуется преобладанием мелких пересыхающих рек (табл. 1.1) и временных водотоков. Наличие бессточных озер (Каспий, Арал, Балхаш), более 20 крупных озер, более 50 тысяч мелких озер и 4 тысяч искусственных водохранилищ не снимает дефицита водообеспеченности. Большинство озер мелки, засолены, часто пересыхают. Проточность и пресная вода свойственны лишь дельтовым и горным озерам. Естественный гидрологический режим рек и водоемов значительно искажен хозяйственной деятельностью.

**Водные ресурсы.** Особенности рельефа и климата государства обусловливает неравномерное распределение поверхностных вод. В республике насчитывается около 85 тысяч рек. Свыше 90% рек представлены малыми равнинными реками и временными водотоками длиною менее 10 км. Образуясь в период весеннего половодья, они, как правило, пересыхают в летний период и могут не наполняться в течение нескольких засушливых лет. Протяженность 155 рек более 100 км, и только 7 рек имеют протяженность более 1000 км. На юге и востоке страны преобладают горные реки, начинающиеся с ледников и снегов. Их половодье приходится на весенне-летнее время.

Большая часть рек принадлежит внутренним замкнутым бассейнам Каспийского (р.Урал и р.Эмба) и Аральского (р. Сырдарья) морей и озер Балхаш, Тенгиз, Шалкар, Карасор. Наиболее крупные реки – Иртыш, Ишим, Тобол-относятся к бассейну Оби. Реки Или, Каратал, Аксу, Лепсы, Тентек, Аягуз наполняют Балхаш-Алакольскую систему озер; реки Иртыш, Бухтарма, Курчум и Кольджир вливаются в оз. Зайсан и Бухтарминское водохранилище. Крупнейшие реки Урал, Или, Иртыш, Чу формируются за пределами страны, объем водных ресурсов, получаемых извне, составляет 42-44%. Значительные объемы воды поступают из сопредельных государств: из Китая – 18,9 км3/год; Узбекистана - 14,6 км3/год; России - 7,5 км3/год; Кыргызстана – 3,0 км3/год. В целях регулирования поступления и расхода воды для промышленных и сельскохозяйственных нужд создано свыше 4000 искусственных прудов и водохранилищ, как правило, перекрывающих естественные водотоки, нарушающих естественный баланс и приводящих к дополнительным потерям воды.

В Казахстане свыше 48 тыс. озер общей площадью 45 тыс. км2. Из них 94 % имеют площадь менее 1 км2. В основном, это пойменные и дельтовые озера. Озер с площадью поверхности больше 100 км2 всего насчитывается 2 тысячи. Среди них: Балхаш, Зайсан, Алаколь, Тенгиз, Селетытениз, Сасыкколь, Кушмурун, Маркаколь, Улькен-Карой и др. Большинство озер - бессточные. Их уровень резко колеблется по сезонам и годам, а очертания и размеры периодически меняются. Располагаясь в пустынных и засушливых зонах и занимая значительные пространства, сеть больших и малых озер выполняет ландшафтообразную функцию, формируя и поддерживая степные и полупустынные биоценозы. Многие из озерно-речных комплексов являются водно-болотными угодьями глобального значения, обеспечивая местом отдыха и размножения афро-евроазиатских мигрирующих птиц. Общие запасы поверхностных вод составляют около 390 км3, из которых в ежегодном обороте находится около 100 км3.

Во многих регионах страны имеются большие запасы пресных (40 км3) и слабосолоноватых (21 км3) подземных вод, которые частично используются промышленными и сельскохозяйственными предприятиями (около 2,9 км3 в год).

### Климат. Внутриконтинентальное положение в северо-западной части Центральной Азии, удаленность от океанов и открытость территории с севера и юго-запада способствуют переносу воздушных масс и циркуляции атмосферы пассатного типа. Типична небольшая облачность и высокий уровень радиации, разнообразие гидротермических условий (коэффициент 0,2 – 1,2), континентальность климата, преобладание аридных и семиаридных ландшафтов. О разнообразии климатических условий республики можно судить по данным рисунков 3,4,5.

 Внутриконтинентальное положение, удаленность от морей и океанов, общая выравненность рельефа, обширность пространств в широтном и долготном направлениях, разнообразие природно-климатических условий обусловливают многообразие ландшафтов и экосистем Казахстана.

***Рис. 3.*** *Диапазон климатических характеристик*



***Рис.4.*** *Распределение осадков и температур на территории Республики Казахстан*

В современной флоре Казахстана насчитывается 68 видов древесных пород, 266 видов кустарников, полукустарничков и полутрав, 2598 видов многолетних и 849 однолетних трав (рис.5) .



***Рис. 5.*** *Разнообразие флоры*

Согласно Государственному учету, площадь лесного фонда и особо охраняемых природных территорий по состоянию на 01.01.2002 г. составляет 26,08 млн га, в том числе покрытая лесом – 11,47 млн га.

Лесистость Казахстана с учетом саксауловых лесов и кустарников составляет 4,2%, без них-1,2%. Леса по территории республики распределены крайне неравномерно. Лесистость отдельных областей колеблется от 0,1% до 16%. Наибольшая лесопокрытая площадь (69,3%, включая насаждения саксаула и кустарников) сосредоточена по южному, юго-восточному (15,5%) и северному периметрам страны (12,1%). Основными лесообразующими породами являются: хвойные – сосна, ель, кедр, мягколиственные – береза, ольха, тополь, ива, саксаул и кустарники – можжевельник, таволга, ива, шиповник, акация.

Ленточные боры, перемежающиеся березой и осиной, произрастают по правобережью р.Иртыш на песчаных почвах. Горы казахстанской части Алтая покрыты хвойными и частично лиственными лесами, составляющими свыше 60% всех лесов Казахстана. Кедр занимает верхние склоны гор, ниже произрастают лиственница, пихта и ель. Сосна произрастает по Калбинскому хребту и на его отрогах, встречается в долине р. Ульбы. Южные склоны в большинстве своем покрыты кустарниковой растительностью.

Джунгарский Алатау и Заилийский Алатау являются границей распространения ареалов северных и среднеазиатских древесных пород. В размещении лесов ярко выражена вертикальная зональность. Внизу произрастают кустарники, выше – дикие яблони и абрикосы, в средней части лиственные (осина, береза), в верхней – хвойные.

В ущельях и долинах предгорий Западного Тянь-Шаня произрастают леса, признанные центрами происхождения множества современных культурных плодовых пород и ягодных кустарников. Леса признаны глобально значимыми генетическими резерватами и представлены многообразием диких форм яблони, абрикоса, фисташки, алычи, облепихи, смородины, малины, барбариса, жимолости, шиповника, миндаля. Выше плодового пояса, на высотах от 2 до 3 тыс. м2, горы покрыты арчовыми зарослями.

Саксауловые леса произрастают в пустынях от озера Зайсан на востоке до Аральского моря на западе, закрепляя и удерживая пески. Заросли саксаула традиционно использовались под пастбищные угодья, а древесина саксаула являлась высококалорийным топливом. Хищническая заготовка и сплошные вырубки привели к уничтожению саксауловых массивов во многих областях страны.

Тугайные леса (южная форма пойменного леса) расположены вдоль берегов и на островах рек южного региона. Они состоят, главным образом, из лоха, ивы, тополя, тамарикса, чингила, джузгуна, барбариса, курчавки. Здесь также произрастают особый вид тополя-туранга и реликтовый ясень, влаголюбивый (или согдианский).

Пойменные леса расположены также вдоль северных рек Иртыш, Ишим, Тобол, а на западе - вдоль реки Урал. В основном, здесь произрастают ива, осина, тополь, вяз гладкий, береза, черемуха, ольха, по р. Урал произрастает дуб. Эти леса имеют исключительно важное водоохранное и водорегулирующее значение.

Нельзя не отметить, что значительная доля природных комплексов пострадала в ходе сельскохозяйственного освоения земель, промышленного и гражданского строительства: зарегулированы русла основных рек, распаханы межгорные и степные пространства, сведены леса в предгорьях и поймах рек, утрачены или находятся на грани исчезновения уникальные и реликтовые биологические сообщества.

Анализируя природно-климатические характеристики страны, следует отметить, что для большей части территории Казахстана характерны аридный климат, высокие суточные и температурные перепады, постоянные ветры, засушливость земель и неравномерное распределение водных ресурсов. Территория крайне бедна лесами. Доминирующие степные и полупустынные природные комплексы имеют высокую степень возгораемости, замедленную восстанавливаемость и слабую степень устойчивости к техногенным воздействиям. Внутриконтинентальное расположение страны, трансграничный характер водных и воздушных потоков делают территорию Казахстана, в экологическом плане, уязвимой для загрязнения извне и возлагают ответственность перед государствами-соседями за нарушение окружающей среды внутри всей страны.

**Почвы.** Территория Казахстана характеризуетсясложным иразнообразным почвенным покровом (рис.6). Для равнинной части характерна четко выраженная широтная зональность, а для горных областей – вертикальная поясность. Наблюдается большое разнообразие почвенного покрова внутри отдельных зон и высотных поясов. Эти провинциальные особенности, связанные с различиями гидротермического режима, историей формирования почвенного покрова, своеобразием рельефа, литологии, гидрогеологии территории, обусловливают специфику морфологических и физико-химических свойств почв.

** *Рис. 6.*** *Соотношение типов почв Республики Казахстан*

**Ландшафты.** Природные условия Казахстана отличаются большим разнообразием. В пространственной дифференциации их четко прослеживается широтная зональность в пределах равнин и высотная поясность в горах. Указанная закономерность осложняется своеобразием природных условий в границах зон и поясов.

В Казахстане отчетливо выражена смена широтных зон: лесостепной, степной и пустынной. В горных системах проявляется высотная поясность: пустынный, степной, лесной, луговой и нивальный типы ландшафтов.

**Разнообразие ландшафтов и экосистем.** Специфические черты разнообразия экосистем, флоры, растительности, фауны Казахстана (рис.7) связаны с разнообразием зонально-поясных условий: наличием десяти подзон на равнинах и до десяти вертикальных поясов в горах.



***Рис. 7.*** *Ресурсы экосистем*

Ландшафты и экосистемы, существующие на стыке крупных почвенно-геоботанических провинций, имеют переходный характер: широтный и меридианальный.

1. Широтный – от лесостепей и степей Евразии к пустыне на севере, от знойных южнотуранских пустынь Центральной Азии к средним пустыням на юге.

2. Меридианальные экотоны на востоке связаны с переходом от третичных безэфемеройдных пустынь гобийского типа к северотуранским и наиболее молодым прикаспийским, имеющим иные климатические характеристики. В полосах экотонов наблюдаются инвазии восточных, южных (центральноазиатских) и северных (российских) элементов биоразнообразия, распространенных в пределах Казахстана на границах своих ареалов, а потому наиболее уязвимых, имеющих небольшой запас прочности природного противостояния антропогенным воздействиям.

Казахстан отличается наибольшим разнообразием экологических условий по сравнению с республиками Центральной Азии, а также наличием объектов глобального значения, в том числе транзитных и трансграничных элементов биоразнообразия и палеориктов.

## Биологическое разнообразие и разнообразие экосистем Казахстана

Обширность территории Казахстана и специфика его природы определяют большое разнообразие и сложность внутренних взаимосвязей его компонентов в комплексах природных ландшафтов, их зональную и поясную структуру. Казахстан по разнообразию биоресурсов, количеству сырьевых и промысловых запасов растительного и животного мира занимает первое место среди государств Центральной Азии – Республик СНГ.



***Рис. 8.*** *Разнообразие видов водной биоты*

Компоненты биоразнообразия различаются по уровню организации (рис.9). Рассматриваются, в основном, три уровня: видовой, ценотический и экосистемный, объектами которых являются флора, фауна, растительные сообщества и экосистемы. Усложнение структуры и функционирования биоты на каждом уровне, соответственно, увеличивает объем и характер информации по биоразнообразию.

**Разнообразие экосистем**

Экосистемный уровень оценки биоразнообразия имеет ряд преимуществ:

**\***позволяет составлять территориальные интегрированные карты биоресурсов и перспективности экономического развития, связанные с использованием разнообразия видов и биомов;

\*дает возможность определить взаимозависимость в системе: биота – экологические условия – человек (антропогенная деятельность);

\*позволяет рассмотреть ресурсный потенциал и определить приоритеты его использования и охраны в общей системе природопользования на экосистемном уровне организации, в условиях совместного обитания видов.



***Рис. 9.*** *Уровни организации и оценки биологического разнообразия*

**Экосистемы широтных зон. Зона лесостепи, экосистемы по подзонам.**

1. Южная лесостепь (0,2% территории Казахстана) – осиново-березовые и осиновые леса на серых лесных осолоделых почвах и луговые степи на черноземах. Лесной фонд, пашня, кормовые угодья. Гидротермический коэффициент (ГТК) 1.3
2. Умеренно-засушливая колочная лесостепь (1.04%) – богато-разнотравно-злаковые степи с осиново-березовыми колками на черноземах и солонцах. ГТК 1.2 – 1.3

В соответствии с картой природно-климатического районирования Казахстана зона объединяет 5 природных округов.

#### Зона степей, экосистем по подзонам

Зона включает 20 основных фармаций растительности с доминированием ковылей: ковыля Залесского, ковыля Лессинга, ковыля Иоанна, ковыля киргизского, тырсы, а также типчака и овсеца. Среди кустарниковых фармаций доминируют спиреи, караганы, миндаль Ледебура.

Редки или находятся под угрозой и требуют охраны марковниковые степи с ковылем красным, эндемичные коржинскоковыльники, овсецовые и луговые степи, некоторые кустарниковые экосистемы, редкие сосновые леса на гранитах, березняки и черноольшанники. Распахано более 38 млн га.

Зона объединяет 50 природных округов.

1. Умеренно-засушливая разнотравно–ковыльная степь (11,5%) на черноземах средне – и малогумусных. Пашня, кормовые угодья. ГТК 0,8 – 1,0.
2. Умеренно - сухая и сухая типчаково-ковыльная степь (55 млн га.-20,4 %) с ксерофитным разнотравьем на темнокаштановых и каштановых почвах Кормовые угодья, пашня. Распахано до 60% степей. ГТК 0,6 – 0,8.
3. Опустыненная полынно–ковыльная степь (полупустыня) на светлокаштановых почвах (21,3 млн. га – 7,8%). ГТК 0,5 – 0,6. Кормовые угодья. Выборочно распахана.

#### Зона пустынь, экосистемы по подзонам

Зона включает более 40 формаций, кроме горных. Доминируют полукустарничковые и полукустарниковые полынники: эндемичные белонавощенополынники, лессинговиднополынники и семиариднополынники, а также песчанополынники на песках. Широко представлены полукустарничковые солянковые пустынные формации, в том числе биюргунники, тасбиюргунники и др. Особое место занимают саксауловые леса и песчаные кустарниковые формации: жузгуновые, астрогаловые, песчанокацовые.

Редки и требуют охраны саксаульники, в первую очередь зайсанскосаксаульники, эндемичные спиреантусовые и астрагалово–кустарниковые сообщества и боялочники, полынники каратавские, редкие лишайниковые экосистемы чинков и др.

Зона объединяет 47 природных округов.

1. Остепненная северная злаково–полукустарничковая пустыня на бурых почвах и песчанополынно–кустарниковая на песках (40,0 млн га – 14,7%). Кормовые угодья. ГТК 0,3 – 0,4.
2. Северотуранская (средняя) полукустарничковая, саксауловая и кустарниковая пустыня на серобурых, такыровидных и песчаных почвах (51,2 млн га, 18,9%). Кормовые угодья, леса (саксаульники). ГТК 0,2 – 0,3.
3. Южнотуранская эфемеройдная–полукустарничковая, кустарниково–саксауловая пустыня (303,4 млн га, 11,1%). Кормовые угодья, леса. ГТК 0,2.
4. Предгорная богато – эфемеройдная пустыня (пояс) с крупнотравьем и полукустарничками (3,2 млн га, 1,2%). ГТК 0,2.

10. Предгорная эфемеройдная псаммофитнокустарниковая пустыня со злаками (11,6 млн га, 4,3%). ГТК 0,3 – 0,5.

**Экосистемы высотных поясов**

Горные экосистемы объединяют более 30 формаций растительности с доминированием древесных, кустарниковых и травянистых видов. Среди них формации ельников, пихтовники, лиственники, листопадные яблоневые, абрикосовые, березовые и другие экосистемы, формации шиповников, барбариса, арчи и эфедры, типчаковые, кобрезиевые и многочисленные разнотравные сообщества, группировки криофитов субнивального пояса и редкие водорослевые «пленки» ледников.

В горах выделено 9 округов и 6 групп высотных поясов. Экосистемы отличаются наибольшим уровнем биоразнообразия, эндемизма и хозяйственной ценностью.

Редки и требуют охраны плодовые леса (яблоневые и абрикосовые, грецкого ореха, фисташковые), каркасники, эндемичные тяньшанские ельники, кедровники, засушливые горные степи, экосистемы зарослей калофаки и миндаля Ледебурга и др.

Протяженность поясов, границы и высотные отметки поясных экосистем зависят от экспозиции и крутизны склонов, пестроты почв, каменистости, широтного (зонального) и долготного (меридионального) климатического положения гор.

Северо-тяньшанская группа горных экосистем в нижней части гор представлена предгорными полупустынями, степями. В более высокой и влажной части встречаются экосистемы осиновых и плодовых лесов. К числу редких экологических систем относятся яблоневые и абрикосовые леса, а в низкогорьях – леса из каркаса кавказского.

Западно-тяньшанская группа экосистем (хребты Каратау, Каржантау, Угамский и Таласский) на подгорных равнинах представлена полусаваннами. Выше их сменяют листопадные ксерофильные леса, редколесья из можжевельника и кустарниковые заросли. Выше располагаются нагорноксерофитностепные экосистемы, в высокогорьях – криофитные луга и далее субнивальный и нивальный пояса. Редкими экосистемами являются фисташники, леса из грецкого ореха и уникальные сообщества многих эндемичных видов каменистых местообитаний гор Каратау и Западного Тянь-Шаня: спиреантуса, полыней, ленца Минквица и др.

В горах Алтая засушливые и умеренно-засушливые степи низкогорий и предгорий сменяются кустарниковыми зарослями, бореальными темнохвойными (пихтовые, еловые, кедровые) и светлохвойными (лиственники) лесами и далее – высокогорными лугами. Встречаются участки тундровых экосистем; относятся бореальные темнохвойные леса и горные степи.

В горах хребтов Саур и Тарбагатай набор поясов сходен с алтайским, но в лесном поясе распространены только светлохвойные леса, тундры отсутствуют. В горах Тарбагатая редкими являются экосистемы, состоящие из зарослей миндаля Ледебурга.

**Экосистемы долин рек и побережий озер**

Своеобразные лесо-луговые и солончаковые экосистемы по долинам рек и приозерным котловинам включаются в зоны степей и пустынь, как азональные. Среди них в степях выделяются ивово-тополевые леса с пятнами луговой и лугово-болотной растительности – около 300 луговых элементарных экосистем. В пустынях – ивовые и лохово-туранговые тугайные леса с зарослями гребенщиков и чингила и луговые злаковые, в том числе тростниковые экосистемы. Вместе с болотными системами в лугах отмечено до 200 элементарных экосистем. По побережьям озер лугово-болотная (тростниковая, бескильницевая) и луговая растительность сменяется комплексными экосистемами солончаковых лугово-степных и опустыненных экосистем галофитного типа. Площадь лугов в долинах рек составляет 6 млн га. Гидротермический коэффициент для степных долин – 0,5–1,2, для пустынных – 0,2–0,5. Лесной фонд составляют сенокосные угодья, пахотные земли, рекреационные территории. Выделяется 5 округов – районов приречных лугово–тугайных экосистем, пересекающих подзоны пустынь и степей (рис. 2.3). Экосистемы побережий озер не выделены.

Редкие и эндемические экосистемы, требующие охраны, турангавники, ясенники, многие луговые виды.

**Водные и водно-болотные экосистемы**

Водные и болотные экосистемы испытывают значительные колебания уровня и солености воды, отличаются изолированностью конечного стока, кроме бассейнов Оби и Иртыша, имеющих выход в Северный Ледовитый океан, многим свойственно периодическое высыхание. Различаются бассейновые экосистемы со своим набором аборигенной ихтиофауны, водоплавающих птиц и их кормовой базы: бентоса, планктона, водорослей, прибрежной водной растительности. Ихтиофауна водных экосистем составляет более 100 видов.

##### В большинстве бассейнов аборигены частично заменены акклиматизированными видами (Аральское море, Балхаш – Или и др.). Орнитофауна включает около 130 видов водоплавающих птиц (43 охотничье – промысловых, около 20 рыбоядных, 19 редких и исчезающих). Среднегодовая численность водоплавающих птиц составляет более 60 млн особей.

##### Учет биоразнообразия и бассейновое районирование экосистем водного и водно-болотного типа предстоит еще провести. Наиболее редкие и эндемичные популяции охарактеризованы в разделе «Фауна».

**Хозяйственные ресурсы экосистем и агроэкосистемы**

Ресурсно-сырьевая база природных экосистем рассматривается по биомам, включающим ареалы видов флоры, фауны, доминирующей растительности, на общих экологических картах. Предварительный анализ проведен для лесов, пашни, пастбищ и сенокосов, для лекарственно-технического сырья, охотничье-промысловых угодий, рекреационных (в том числе туристических и курортных) ресурсов.

Площади охотничье-промысловых, лекарственно-технических растений и рекреационных территорий установлены ориентировочно, т.к. размещение их локально и обилие видов часто малозначительно. Продуктивность пастбищ, сенокосов, пашни и урожайность лекарственных растений, нормы изъятия древесины, а также численность животных значительно колеблются по годам и сезонам года в зависимости от зональности и погодных условий.

Особую группу ландшафтов представляют экосистемы, созданные и регулируемые человеком: пашни, сады и виноградники, лесопарковые насаждения населенных пунктов, почвозащитные и придорожные лесополосы, рекультивированные насаждения на техногенно-нарушенных землях, залежи, улучшенные пастбища, агроценозы и т.д. Их разнообразие зависит от хозяйственной деятельности и определяется человеком.

В результате широкомасштабной распашки земель в степной зоне уничтожено большинство плакорных типов степных экосистем, что сопровождается дегумификацией, эрозией почв и истощением биоразнообразия природной флоры. На равнинных степных участках распахано около 90% территорий, а в мелкосопочнике – 30%. К настоящему моменту часть из них превращена в бросовые, залежные земли. Экосистемы залежей по динамическому состоянию относятся к стадии демутации (восстановления). Факт исчезновения многих природных экосистем в лесостепной и степной зонах Казахстана вызывает проблему реабилитации биоразнообразия и восстановления утраченных экосистем, таких, как богато-разнотравно–ковыльные (8,5 млн га), разнотравно-ковыльные (13,6 млн га) степи. Сокращаются заросли многих полезных растений, некоторые виды попали в Красную книгу. Среди них 21 вид пищевых, 20 лекарственных и т.д.

Площадь пахотных земель в республике составляет около 29,1 млн га, поэтому биоразнообразие агроэкосистем также нуждается в оценке.

В агрофитоценологии элементарной таксономической единицей считается агробиоценоз, который представляет собой систему, состоящую из автотрофных и гетеротрофных организмов. К автотрофным организмам (продуцентам) относятся высшие зеленые культурные и сорные растения, почвенные водоросли и хемосинтезирующие бактерии, к гетеротрофным (консументам и редуцентам) – животное население, бактерии, грибы, актиномицеты и высшие растения – паразиты.

Центральное место в агробиоценозе принадлежит агрофитоценозу, то есть, растительному сообществу, а внутри него – высшим зеленым растениям (культивируемым и сорным), выступающим в качестве поставщиков энергии для консументов и редуцентов. Именно высшие зеленые растения представляют наибольший практический интерес в отношении биоразнообразия и заслуживают поэтому специального рассмотрения.

Биоразнообразие агрофитоценозов определяется, прежде всего, количеством видов культивируемых растений и сорняков (флористическое разнообразие), а также количеством различных сочетаний между культивируемыми и сорными видами растений (фитоценотическое разнообразие).

Большое разнообразие климатических и почвенных условий Республики Казахстан определяет многопрофильность сельскохозяйственного производства, в том числе и растениеводства. На территории республики, наряду с культурами северных широт, выращиваются в условиях орошения типично южные теплолюбивые культуры. Основными видами культурных растений являются:

* зерновые – пшеница, рожь, ячмень, овес, просо, кукуруза, рис, сорго, гречиха, горох, фасоль, соя;
* технические – картофель, хлопчатник, сахарная свекла, подсолнечник;
* овощные – капуста, редька, хрен, редис, томат, перец, баклажан, морковь, петрушка, укроп, огурец, лук репчатый, чеснок, свекла, салат;
* бахчевые – арбуз, дыня, тыква, кабачки, патиссон;
* кормовые – люцерна, эспарцет, житняк, суданская трава, могар, мут, рапс;
* плодово-ягодные – яблоня, груша, слива, персик, вишня, виноград, смородина, земляника, малина.

Перечисленные виды культурных растений республики представлены многочисленными сортами, в том числе казахстанской селекции, которые создают внутривидовое разнообразие агрофитоценозов. С 1933 года в республике выведены и районированы свыше 70 сортов зерновых, 68 сортов плодово–ягодных, свыше 60 сортов овоще–бахчевых культур, 23 сорта картофеля.

Наличие сорных растений в агрофитоценозе не является обязательным, тем не менее сорные синузии характерны практически для любого агрофитоценоза.

Уничтожение нежелательных сорняков различными гребицидами представляет опасность загрязнения почв и уничтожения фауны.

На «бросовой» пашне – залежах развивается обильная сорнотравная -растительность, своеобразная для конкретных подзон. Разнообразие не установлено. Оно обусловлено характером земледельческого освоения и трансформации почв, в том числе применения удобрений, ирригацией, способами химической защиты от вредителей и сорняков. Формирующие на залежах экосистемы, как правило, представлены азотолюбивой растительностью, а на вторично засоленных орошаемых землях – солелюбивыми видами. В процессе восстановления коренной растительности на протяжении 15 – 25 лет и более она изменяется от однолетней сорной к многолетней зональной. При необратимых изменениях почв пашни (дегумификации, засолении, эрозии и др.) типично возникновение производных экосистем незонального типа.

Сорные растения по своему происхождению подразделяются на 2 группы: сорняки–апофиты и сорняки-антропохоры. Сорняки–апофиты попадают в посевы из местных естественных фитоценозов и удерживаются в посевах благодаря их биологическим особенностям, позволяющим приспособиться к специфическим условиям, которые создаются на поле человеком (вспашка, уход за посевами и т.д.). Однако большинство сорняков–апофитов плохо переносит агротехническое воздействие человека и выпадает из агрофитоценоза. Сорняки-антропохоры – «типичные» и наиболее злостные сорняки, распространяемые, в основном, человеком. Центры происхождения многих из них совпадают с центрами происхождения тех культурных растений, посевы которых они в настоящее время засоряют. Ареалы их охватывают почти все части света, в связи с чем их можно считать растениями–космополитами.

В процессе расселения сорные растения в новых для них условиях перестраивают свою наследственную природу, в результате чего в пределах видов сорняков возникают новые экотипы, а иногда и подвиды, создающие внутривидовое разнообразие сорных растений.

В Республике Казахстан распространены обе группы сорняков – апофиты и антропохоры. О большом флористическом разнообразии сорных растений республики свидетельствуют вариации их таксонов разного ранга. Наиболее характерные сорные растения представлены 55 семействами, 294 родами и 582 видами. Особенно широко представлены семейства сложноцветных (104 вида), злаковых (64 вида), крестоцветных, бобовых, бурачниковых и маревых (по 30 - 39 видов).



***Рис. 10.*** *Видовое разнообразие сорных растений Казахстана*

После освоения 25 млн га целинных и залежных земель в Казахстане на пашне в разрезе зон сформировались различные типы засоренности. На более плодородных черноземных почвах преобладает осотно-овсюжный тип засоренности, на каштановом типе почв тяжелосуглинистого механического состава с признаками солонцеватости преобладает пырейно-острецовый тип засоренности. На легких по механическому составу почвах Актюбинской, Костанайской и Павлодарской областей отмечается щетинисто-курайное засорение пахотных земель. Фитоценотическое разнообразие агрофитоценозов республики специально не изучалось, о нем можно судить лишь косвенно, исходя из количественной оценки флористического богатства агрофитоценозов. Очевидно, что оно огромно и исчисляется тысячами ценозов.

Своеобразную высокоценную группу экосистем представляют лесные и кустарниковые насаждения – почвозащитные, придорожные, противоэрозионные лесополосы. На территории Казахстана создание таких полос началось с начала ХХ века вдоль железной дороги «Турксиб» в пустыне. Полосы существуют десятилетиями, им свойственна саморегуляция: частичное возобновление древесной флоры, зарастание. Существует более 50 групп агролесоэкосистем со своим набором лесопород по подзонам республики.

**Современное состояние видового разнообразия Казахстана**

**Флора.** Разнообразие флоры Казахстана значительно варьирует, как по составу и численности различных таксонов систематики растений (видов, родов и др.), так и по географии, в частности, по природно-климатическим зонам и высотным поясам. В равнинной части в зоне степей и пустынь разнообразие и самобытность флоры увеличиваются с запада на восток, а в горных системах – с северо-востока (Алтай) на юго-запад (Западный Тянь-Шань, Каратау).

На территории Казахстана зарегистрировано более 6000 видов высших сосудистых растений, около 5000 видов грибов, 485 видов лишайников, более 2000 видов водорослей, около 500 видов мохообразных (рис. 10). Следует отметить, что наиболее полную инвентаризацию прошли высшие сосудистые растения и грибы. Среди высших сосудистых растений 14% видов являются эндемиками, т.е., каждый седьмой вид характерен только для данной территории, что свидетельствует о высокой самобытности флоры республики. Среди эндемиков особо следует отметить 10 эндемичных монотипных родов: Physandra, Rhaphidophyton, Pseudoeremostachys, Pseudomarrubium, Botschanzevia, Cancriniella, Spiraenthus, Pterigostemon, Pastinacopsis, Niedzwedzkia. В числе эндемиков немало реликтов.

### В целом, флора высших растений Казахстана сформировалась на основе субтропической растительности эоцена, мезофильно-лесной флоры олигоцена, древнесредиземноморской флоры неогена, в том числе первобытных степей миоцен-плиоцена. Ряд представителей прошлых эпох сохранился в качестве реликтов. Это – Spiraenthus schrenkianus, Rhaphidophyton rejelii, Echinops saissanicus, Zigophyllum potaninii и др. (эоцен); Betula turkestanica, Juglans regia, Malus sieversii, Sorbus persica, Populus talassica и др.(олигоцен); Iris scariosa, Rheum nanum, Allium polyrrhizum и др. (миоцен-плиоцен). В составе микрофлоры Казахстана (рис.2.11) 4,8% видов являются эндемичными. Особенно высокий эндемизм характерен для сферопсидных грибов Казахстана, где имеется 3 эндемичных рода и 124 эндемичных вида (12% видового состава сферопсидных грибов).

Растительный мир Казахстана, включающий до 14-15 тыс. видов, значительно различается по зонам, природным поясам, видовому разнообразию. Нет полной информации по мхам, лишайникам, водорослям, поэтому предстоит тяжелая работа по инвентаризации и оценке состояния разнообразия растений.

В настоящее время 303 вида растений охраняются государством, т.к. включены в 1-е издание Красной книги Казахстана. Подготовлен материал для второго издания Красной книги Казахстана, в которую включены 404 вида низших растений, т.е. в дополнение первому изданию внесен 101 новый вид. Всего во второе издание включены: плауновидных - 2, папоротниковых - 2, мохообразных - 4, голосеменных - 2, цветковых - 362, водорослей - 6, грибов - 22, лишайников - 4 вида. Таким образом, 6% видового состава высших сосудистых растений, 0,6% низших растений включены во второе издание Красной книги Казахстана. Все виды, помещаемые в Красную книгу, распределяются по категориям согласно классификации МСОП:

I. (0) – по-видимому, исчезнувшие;

II. (1) – находящиеся под угрозой;

III. (2) – редкие виды;

IV. (3) – сокращающиеся;

V. (4) – неопределенные;

1. (5) – восстановленные.

В составе флоры высших растений немало полезных лекарственных, кормовых, технических, пищевых, декоративных и других видов.

Дубильные растения – наиболее изученная группа сырьевых растений. Многолетними исследованиями выявлено более 20 видов практически ценных таниноносов, среди которых горец дубильный (Poligonum coriarium), горец бухарский (P.bucbaricum), щавель тяньшанский (Rumex tianscbanicus), щавель Паульсеновский (R.paulseniacus), ревень татарский, ревень Максимовича (Rbeum tataricum Rb. Maximowiozii). Запасы сухого корня этих видов превышают 200 тыс. тонн.

Технические растения комплексного использования – тростник обыкновенный (Pragmites australis), чий блестящий (Acbnatberum splendens).

Заросли тростника обыкновенного в последнее время сократились в 7 раз и сейчас составляют 2355 тыс. тонн сухого сырья. Ресурсы чия блестящего – 23735 тонн в сухом виде.

Важнейшими из пищевых растений являются яблоня Сиверса (Malus sieversii), абрикос обыкновенный (Armeniaca vulgaris), боярышник (Crataegus), барбарис (Berberis). Ежегодно лесохозяйственными организациями заготавливается до 300 т плодов яблони, боярышника, абрикоса.

Среди 450 обследованных видов эфиромасличных растений не менее 70 перспективны по содержанию и составу масла. Среди них полынь (Artemisia), иссоп (Hissopus), мята (Mentba), тысячелистник (Asbillea).

Ресурсы основных лекарственных растений (80%) распространены в горах Заилийского Алатау, Кетмень, Кунгей и Терскей Алатау, Киргизского хребта, Боралдайтау, Алтая, Тарбагатая. По некоторым видам республика может быть экспортером. Так, ресурсы эфедры хвощевой (Epbedra equisetina) позволяют заготавливать без ущерба до 700 тонн сухого сырья, запасы солодки голой и уральской (Glycyrrbiza glabra, G. uralensis) составляют 75 тыс. тонн, что дает возможность вывозить сырье этих видов в значительных объемах. По другим видам ресурсы достаточны для удовлетворения внутреннего спроса на растительное сырье. Необходимо лишь упорядочить систему заготовок и правил проведения этой кампании.

**Фауна.** Инвентаризация фауны Казахстана завершена только для позвоночных животных, по отдельным классам которых изданы обобщающие фаунистические сводки (Пресмыкающиеся Казахстана, 1956; Земноводные Казахстана, 1959; Птицы Казахстана, 1960-1985; Рыбы Казахстана, 1986-1990). По данным, составленной на основе этих сводок Книги генетического фонда фауны Казахстана (1989), на его территории обитают 835 видов позвоночных животных (Vertebrata), в том числе: млекопитающих - 179, птиц - 489 (из них 396 гнездятся здесь, остальные прилетают на зиму или пролетают весной и осенью), пресмыкающих - 49, земноводных - 12, рыбы - 104 и круглоротых - 3 вида.

Фауна беспозвоночных (Invertebrata) установлена едва ли наполовину: ежегодно специалисты описывают десятки новых видов насекомых, пауков, гельминтов, моллюсков и других беспозвоночных животных. Считается, что на территории Казахстана обитает порядка 50 тыс. видов беспозвоночных, в том числе не менее 30 тыс. видов насекомых, относящихся к 550 семействам и 28 отрядам. Одних только жуков здесь не менее 10 тыс. видов, бабочек и перепончатокрылых по 5 тыс. и т.д. Особенностью беспозвоночных животных, которые в не меньшей степени, чем позвоночные, испытывают на себе отрицательное воздействие многих сторон хозяйственной деятельности человека, является то обстоятельство, что многие из них исчезнут до того, как станут известными науке.

### Около половины всего видового разнообразия млекопитающих составляют представители отряда грызунов (Rodentia-82 вида), среди которых особый интерес с точки зрения сохранения биоразнообразия представляет эндемичный для Казахстана вид и род – селевиния, или боялычная соня (Selevinia betpardalensis); очень интересен также эндемик Западного Тянь-Шаня – сурок Мензбира (Marmota menzbieri).

### Среди 33 видов охотничьих млекопитающих на первом месте находятся копытные (лось, кабан, косуля, сайгак, сибирский горный козел тау-теке, марал) и хищные (волк, лисица, корсак, барсук, рысь, медведь, росомаха, соболь, степной и лесной хорьки и др.), причем многие представители именно этих двух групп давно уже перестали быть промысловыми и занесены в Красную книгу как виды, находящиеся под угрозой исчезновения.

### Очень показательна судьба сайгака (Saiga tatarica) – древнего животного, оказавшегося на грани исчезновения в начале ХХ века и спасенного, благодаря многолетним усилиям ученых и производственников (см. рис. 2.13). Сейчас сайгак – важный промысловый вид, устойчивое использование которого во многом зависит от мониторинга его численности.

### Среди 489 видов птиц на первом месте в качестве охотничьих находятся более 43 видов, являющихся обитателями водно-болотного комплекса (гусеобразные, ржанкообразные, гагары, поганки, часть веслоногих и журавлеобразных). На степных и пустынных водоемах Казахстана гнездятся сотни тысяч этих птиц, а во время сезонных миграций весной и осенью территорию его посещают миллионы уток, гусей, казарок, куликов и другой водно-болотной дичи.

### На втором месте среди охотничье-промысловых птиц находятся представители отряда куриных (глухарь, рябчик, тетерев, куропатки – белая, тундровая, серая и бородатая; фазан, кеклик, улар, перепел). В Казахстане встречается 35 видов хищных птиц – орлов, канюков, соколов, луней, ястребов, змееедов, осоедов, грифов, сипов, бородачей и др. К сожалению почти половина их (все крупные орлы, соколы и падальщики) в результате безжалостного истребления в 50-60-х гг. стали настолько редки, что занесены в Красную книгу республики, в том числе и беркут – символ государственного герба Казахстана.

### Несмотря на отсутствие среди птиц казахстанской фауны полных эндемиков, целый ряд пернатых обитателей степи характерен именно для территории Казахстана, например, черный жаворонок (Melanocorypha yeltoniensis), обитающий за пределами республики только на ограниченной территории правобережья Волги, а также журавль-красавка (Antbropoides virgo) и кулик кречетка (Cbettusia gregaria).

### Из 49 видов пресмыкающихся (Reptilia) в Казахстане длительное время велись заготовки (по 40-180 тыс. штук в год) степной черепахи (Agrionemys borfieldi), что заметно подорвало ее численность в ряде мест на юге и юго-востоке Казахстана. То же грозит ядовитым змеям - щитоморднику (Agristrodon balys), обыкновенной и степной гадюкам (Vipera berus, Vipera ursini), которых отлавливают для получения змеиного яда, используемого в медицине. В последние годы возрос спрос на яд различных видов пауков.

### Ихтиофауна Казахстана подверглась сильной трансформации в результате массовой акклиматизации чуждых видов. За несколько десятилетий в водоемы республики было выпущено 32 новых вида, что составляет более 25% современного состава ихтиофауны, причем в ряде бассейнов вселенцев стало больше, чем местных рыб: например, в реке Талас их оказалось 13 на 8 аборигенных видов.

### Наибольший урон от совокупного воздействия трех основных факторов – акклиматизация, антропогенные нарушения гидрологического режима водоемов (в частности, зарегулирование рек) и нерациональный промысел - был нанесен внутривидовому разнообразию аборигенных видов. Так, из всех экологических форм маринки (Scbizotborax argentatus) в Балхаше сохранилась только горная речная. Исчезли илийская и балхашская проходные маринки, проходные формы аральского и туркестанского усачей и др. На грани исчезновения находятся аральский лосось, сырдарьинский лжелопатонос, щуковидный жерех, или лысач, исчезают популяции аральского шипа и балхашского окуня.

### Среди сохранившейся местной ихтиофауны наиболее ценным достоянием Казахстана являются осетровые Каспия. В реке Урал – последнем естественном нерестилище этих ценных рыб, размножаются представители 5 видов осетровых, которые еще несколько лет назад давали до 20 тысяч тонн рыбной продукции, а сейчас их промысел сократился, по крайней мере, в десятки раз.

### Массовая распашка целинных и залежных земель, интенсивный выпас скота ( особенно в зонах повышенного риска – в пустынях и на крутых горных склонах), строительство промышленных объектов, дорог и трубопроводов, сопровождающиеся нарушением почвенно-растительного покрова, взрывными работами и т.д., наряду с неумеренной охотой и заготовками животных, привели к прогрессирующему оскудению животного мира республики. С территории Казахстана к середине ХХ века навсегда исчезли казахстанский подвид кулана и туранский тигр, к 70-м годам тугайный олень и, видимо, гепард. Многие виды животных под натиском антропогенной деятельности стали снижать свою численность и сокращать область обитания. Наиболее наглядно это явление иллюстрирует Красная книга Казахстана, учрежденная Правительством Республики Казахстан в 1978 г. По данным на первое января 1998 года, в нее занесены представители 125 видов (или около 15%) позвоночных животных и 99 видов беспозвоночных, из которых 85 видов составляют насекомые. В наиболее угрожаемом положении из млекопитающих оказались некоторые копытные – джейран; горные бараны (особенно каратауский, кызылкумский и алтайский подвиды) и хищные, особенно представители семейства кошачьих (гепард, каракал, барханный кот, снежный барс, туркестанская рысь, персидская выдра); среди птиц – дрофиные (дрофа-дудак, джек, стрепет), хищные, особенно крупные сокола (балобан, шахин, сапсан), некоторые водоплавающие и околоводные (кудрявый и розовый пеликаны, желтая и малая белая цапли, колпица, каравайка, савка, мраморный чирок, черный и горбоносый турпаны, кречетка, тонкоклювый кроншнеп и др.); из рыб – обитатели аральского и каспийского бассейнов (сырдарьинский лжелопатонос, лысач, шип, аральский и каспийский лососи, аральский и туркестанский усачи и др.); из беспозвоночных – коммерческие виды бабочек и жуков, являющиеся предметом экспорта для коллекционеров-любителей.

### Разнообразие ископаемой флоры и фауны

### На территории Республики Казахстан известно много местонахождений палеонтологических остатков палеозойской, мезозойской и кайнозойской эпох, из которых собрано и, в основном, изучено большое количество крупных коллекций ископаемых растений и позвоночных животных, принадлежащих, как известным ранее представителям, так и очень большому числу ранее неизвестных видов, родов и семейств. Все выявленные в Казахстане местонахождения ископаемых уникальны. В Чу-Илийских горах обнаружены древнейшие, из открытых на Земле, остатки представителей сосудистых растений возрастом более 420 млн лет назад, что дает основание считать эту территорию одним из центров формирования и началом развития наземной флоры Земли. На юго-востоке Казахстана обнаружены древнейшие в Азии останки четвероногих позвоночных животных, живших около 280 млн лет назад. На юге Казахстана известно Каратауское юрское озеро с изумительными по сохранности, очень обильными отпечатками насекомых (определено пока около 500 видов), растений, а также рыб, крокодила, летающих ящеров с шерстным покровом (жили около 150 млн лет назад). На западе и северо-западе страны есть местонахождения с остатками растений, морских и наземных пресмыкающихся юрского, мелового периодов, а также палеофлоры и млекопитающих кайнозоя. В северо-восточном Приаралье расположены крупнейшие в СНГ местонахождения динозавров и необычных для Азии меловых растений. Все вышеперечисленные и другие представители ископаемой флоры и фауны способны дать ответ на многие вопросы по изучению богатства и процессов изменения биологического разнообразия растений и животных прошлых геологических эпох, причин и факторов массового вымирания одних групп и появления других.

### В результате хозяйственной деятельности человека некоторые местонахождения в Казахстане уже утеряны. Часть других уже уничтожается при использовании, как строительного материала каменных пород с останками животных и растений, разрушается при строительстве дорог, населенных пунктов и так далее.

Основные местонахождения остатков растений, позвоночных животных палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр следующие:

1. Чу-Илийские горы - древнейших на Земле растений;
2. Кульденентемир - первой для СНГ меловой флоры с покрытосеменными;
3. Такырсор - эоценовой субтропической флоры с пальмами и др. покрытосеменными;

4, 5) Ержилансай, Алтын-Шокысы - тургайской лесной листопадной флоры;

6) Утеген - древнейших в Азии позднекарбоново-раннепермских позвоночных животных;

7) Шах-Шах - динозавров и др. меловых позвоночных и растений;

1. 8) Аулие - летающих юрских ящеров, крокодила, насекомых, растений;

9) Кушмурун, Приозерное - мозазавров и др. меловых морских пресмыкающихся;

10, 11, 12) Каратургай, Актау - индрикотериевой фауны (гигантский носорог индрикотерий – самое крупное на Земле млекопитающее);

13) Павлодар – «пра-Африканской» фауны (жирафы, страусы и др.).

**Экологическая оценка состояния биоразнообразия.** Отмечена деградация земель (опустынивание) на площади более 60% территории Казахстана, в том числе уменьшение биоразнообразия. Основные причины: экстенсивно ресурсоемкая хозяйственная деятельность второй половины ХХ века и слабость законов по целенаправленной экологической политике природопользования.

Индикатором деградации биоразнообразия служит состояние растительного покрова – основного звена биосферы, осуществляющего аккумуляцию солнечной энергии, синтез органики, регуляцию газового, водного баланса биосферы, способствующего стабилизации рельефа, почвообразованию, препятствующего эрозии.

Экологическое состояние биоразнообразия оценивается на видовом и экосистемном уровне, как показатель степени истощения (потери численности, сокращения ареалов), деградации и снижения экологической емкости биологических систем. Усредненная комплексная оценка состояния дана по зонально-поясным биомам. Она требует количественного уточнения при экологическом районировании.

**Лесостепь и степь**

Состояния биоразнообразия подзон драматично в связи с распаханностью (20-70% территории) и трансформацией в результате выпаса. Следствием явилось чрезвычайное сокращение ареалов и численности многих, исчезновение или трансформация большинства из 250 экосистем.

Отмечены значительное фронтальное истощение биоразнообразия за счет сокращения ареалов, замена популяций редких и ценных видов природной флоры сорнотравьем.

Кризисное состояние усугубляется значительной потерей гумуса (до 30% на пашне), водной и ветровой эрозией почв. Состояние колочных лесов этих подзон сравнительно удовлетворительное, но отмечено сокращение ареалов (рис. 11).



***Рис. 11.*** *Процессы деградации в лесостепи и степи*

**Пустыня**

Состояние биоразнообразия в пустыне характеризуется повсеместной сильной и умеренной степенью опустынивания растительности и локальной деградацией почв. Из общей площади 136,2 млн га (включая предгорные пустыни) 15 млн га сильно засорены, 30 млн га подвержены ветровой эрозии, 40 млн га – засолено при антропогенном воздействии, в том числе на пастбищах и орошаемых землях (2,3 млн га). Разрушение почв приводит к истощению и замене флоры, к неустойчивости экосистем, снижению продуктивности. Воздействие перевыпаса, заготовка сырья полезных растений и топлива, зарегулирование стока рек, распашка, добыча нефти и других полезных ископаемых, воздействие промышленности, транспортных коммуникаций вызывают деградацию экосистем, их исчезновение, сокращение ареалов и численности видов, уничтожение популяций и риск потери редких и ценных видов флоры и фауны, мест обитания животных. Локальное кризисное состояние отмечается для 30-40% экосистем песчаных пустынь и саксауловых лесов, 50% последних становятся редкими, на 40% сократился подрост саксаула (рис. 12).

****

***Рис. 12.*** *Процессы деградации в зоне пустынь*

**Горы**

Горные пояса при небольшой площади (6% территории Казахстана) обладают наибольшим биоразнообразием, включают наиболее продуктивные биомы степей, лесов и лугов исключительно высокой хозяйственной значимости, характеризуются наибольшим числом ценных, редких и эндемичных видов.

Экологическое состояние удовлетворительное, локально-кризисное, что связано со стихийными бедствиями, пожарами и крайней ранимостью почвенно-растительного покрова в условиях гор (рис. 13).

Из 120 растительных сообществ трансформировано при выпасе 48. Предкризисное состояние имеют дикоплодовые леса (яблони, фисташки, абрикос). Их площадь сокращена на 24%, а сокращение генофонда плодово-ягодных и ценных сырьевых растений (их более 70 видов) является безвозвратной утратой. Отмечается предкризисное состояние кедрачей, тяньшанских ельников, предгорных и горных пастбищ, зарослей лекарственных растений, популяций редких животных.

Кроме стихийных бедствий, состоянию биоразнообразия угрожают пожары, самовольные рубки, перевыпас, туризм, браконьерство, в том числе заготовки лекарственных, пищевых, технических и декоративных растений.



***Рис. 13.*** *Процессы деградации в горах*

**Поймы и долины рек**

Биоразнообразие долин рек на площади около 7 млн га находится в критическом состоянии, особенно в пустынной зоне: значительно сокращены площади тугайных лесов и сенокосов, редкими стали туранговники, исчезают ясенники, древесные тугаи заменяются чингилом (Halimodendron haladendron). В зоне на 10% уменьшилось разнообразие экосистем, на 20% истощилось видовое разнообразие (рис. 14). В пустыне резко уменьшилась продуктивность лугов.



***Рис. 14.*** *Экосистемы долин рек*

Опустынивание долинных экосистем связано с вырубкой, нерегламентированным сенокошением, палами, перевыпасом, ограничением паводков и попусков из водохранилищ, распашкой пойменных земель. Высокопродуктивные заливные луга (2,2 млн га) теряют разнообразие луговой флоры, сокращают ареал и истощаются, засоряются пастбища. Повышается число видов-ксерофитов, менее продуктивных.

###### **Водные и водно-болотные экосистемы**

Экологическое состояние нарушено загрязнением воды (Каспий, реки), засолением (Арал), акклиматизацией чуждых видов. Например, в бассейне озера Балхаш, где обитало 13 аборигенных рыб, внедрено 25 новых видов и угнетены редкие эндемики.

Загрязнение прибрежных вод Каспия нефтью существенно угнетает популяции ценнейших осетровых, водоплавающих птиц, кормовых видов беспозвоночных. Ненормированная и браконьерская охотничье-промысловая деятельность приводит к истощению биоресурсов.

**Экологическая оценка современного состояния и использования биоразнообразия**

Внутреннюю опасность для биоразнообразия представляют:

* кризисные ситуации бассейна Аральского моря, Семипалатинского ядерного полигона и других мест наземных и подземных испытаний; нефтепромыслы, промышленные комплексы (Павлодар-Экибастузский, Караганда-Темиртауский и др.), Байконур-Бетбакдалинский район ракетных полигонов;
* ландшафтная несформированность многих молодых экосистем, потеря самовоспроизводства, снижение продуктивности экосистем и численности видовых популяций;
* уничтожение (или сокращение и истощение) видов и экосистем при урбанизации, строительстве, зарегулировании рек, распашке земель и др.;
* ущербное несбалансированное природопользование и отсутствие нормативов изъятия биологических ресурсов;
* стихийные бедствия, в том числе засухи, морозы и заморозки, пожары, сели, оползни и др..

**Биоразнообразие лесов**

Из общей площади лесного фонда и ООПТ (26080,7 тыс. га) лесные земли составляют 70,7%, или 18450,7 тыс. га, из них покрытые лесом – 44%, или 11474,7 тыс. га. Нелесные земли составляют 29,2%, или 7630,0 тыс. га, в том числе: пастбищ – 17,1%, или 4458,2 тыс. га; сенокосы – 1,4%, или 359,1 тыс. га; пашни – 0,4%, или 109,3 тыс. га (Приложение 3, Рис. 1-2). По состоянию на январь 2002 года, 2954,5 тыс. га земель лесного фонда находится во временном землепользовании.

**Экономическая оценка лесных ресурсов**

Широко известна роль лесов для экосистем и жизни человека. Леса, произрастающие в горах, пустынях, степях, по берегам водоемов, вокруг городов выполняют почвозащитные, климаторегулирующие, водоохранные, водорегулирующие и рекреационные функции. Именно в них сосредоточено основное биоразнообразие страны. Однако истинную экономическую стоимость леса надо оценивать в пересчете на кубометры дров. Отсутствие экономической оценки лесных ресурсов приводит к многочисленным ошибкам при принятии управленческих решений. Недостаточное осознание экономической и экологической значимости лесов снижает ответственность за сохранность глобально значимого ресурса и национального достояния.

Известно, что 10% дополнительной лесистости способствуют повышению годового стока рек на 4 – 8% и вызывают дополнительное выпадение до 4 % осадков, каждые 10000 кв. км лесов увеличивают питание рек подземными водами на 0,7-0,8 км3 в год. Основываясь на российских методиках, Государственным Казенным Лесоустроительным Предприятием в 2002 году произведена первая оценка лесных ресурсов Казахстана.

*Таблица 2.*

**Стоимость лесных ресурсов и экономическая составляющая защитной роли лесов Республики Казахстан**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы древесных пород | Запас насажде  ний, млн  куб.м | Стоимость | | | | | | | |
| древесины  на корню | | прижизненных полезностей леса | | общая (нерыночная)  стоимость лесов | | | |
| Хвойные | 230,84 | 13,1847,4 | 867,4 | 16.26.118,4 | 10.698,1 | 1.757.965 | 811.565,5 83,0 | | |
| Мягколиствен  ные | 122,12 | 20.455,4 | 134,6 | 252283,0 | 1659,8 | 272.738,4 | 1.794,4 12,9 | | |
| Твердолиственные | 2,98 | 823,4 | 5,4 | 10155,6 | 66,8 | 10,979,0 | 72,2 0,5 | |  |
| Саксаульники | 10,14 | 5.070,0 | 33,4 | 62.530,0 | 411,4 | 67.600,0 | 444,8 3,2 | |  |
| Прочие древесные породы | 1,47 | 435,1 | 2,9 | 5.366,5 | 35,3 | 5.802,7 | 11,9 0,1 | |  |
| Кустарники | 1,69 | 135,2 | 0,9 | 1.667,5 | 11,0 | 1.802,7 | 11,9  0,1 | |  |
| **ВСЕГО** | **369,24** | **158.766,5** | **1.044,6** | **1.958.121,0** | **12.882,4** | **2.116.887,5** | **13.927,0** | | |
| % | - | 7,5 | 92,5 | 100 | - |  |  |  | |

\*Примечание: расчеты в соответствии с базовыми ставками платы за древесину, отпускаемой на корню. Постановление от 15.04 2002 г. N2431.

\*\*Стоимость определена расчетным путем исходя из принятого усредненного соотношения этой стоимости и стоимости древесины на корню 9:1.

**Мероприятия по лесовосстановлению и лесоразведению**

С 1948 по 1991 г. в РК было посажено более 1,0 млн га искусственных лесов, ежегодно вы­ращивалось до 140 млн штук сеянцев и саженцев, создавалось до 80 тыс. га лесных культур. Име­лось 252 лесных питомника на площади 4,6 тыс. га. Для заготовки семян произведена селекцион­ная инвентаризация хвойных и лиственных насаждений на площади 819 тыс. га., отобрано лесосе­менных участков - 1366 га, выращено лесосеменных плантаций - 83 га, выделено эталонных дере­вьев - 242, подготовлено клановых архивов - 10 га и испытательных культур - 28 га.

К 2001 году снизились объемы по посевам и посадкам леса до 5,8 тыс. га. Прекратились работы в бассейне Аральского моря, на его осушенном дне, где при наличии 329,0 тыс. га лесопри­годных площадей, на эродированных землях новые насаждения созданы лишь на 54,8 тыс. га.

Необходимо усилить работы по созданию и восстановлению зеленых санитарно-защит­ных зон вокруг городов и поселков (не менее 100 тыс. га). В последние годы активно производятся мероприятия по созданию защитной зоны исключительно вокруг г. Астаны.

**Растительные сообщества, находящиеся под угрозой исчезновения.** В результате несбалансированной хозяйственной деятельности, развития процессов опус­тынивания, изменения общих природных и экологических условий, перечисленных в предыду­щих разделах, происходит утрата видового и ландшафтного разнообразия растительных сооб­ществ. При этом сокращаются не только площади произрастания отдельных сообществ, но и про­исходит их полное исчезновение на некоторых территориях, наиболее подверженных техноген­ным сельскохозяйственным нагрузкам

Ярким примером может служить усыхание арчевых лесов на северных склонах заповедни­ка Аксу-Джабаглы в 1970-80 годы. Причиной послужили выбросы Джамбулского фосфорного и Чимкентского свинцово-цинкового комбинатов, переносимые ветрами на 100 и более километ­ров в горы. От ранее обширных фисташковых и миндальных рощ Южного Казахстана остались только отдельные деревья на обрывах и недоступных для скота и людей участках. В результате чрезмерных нагрузок ослаблен естественный природный потенциал самовосстановления.

Склоны Джунгарского и Заилийского Алатау в 1940-60 годы были покрыты сплошными зарослями зимоплодовых деревьев и ягодных кустарников - яблони, абрикоса, барбариса, сливы, боярышника, малины, смородины, шиповника и других. Отдельные из них являются сородичами и даже прародителями многих культурных сортов, т.е. ценнейшим генетическим материалом, име­ющим мировое значение. Учитывая глобальную значимость этих видов, ГЭФ через ПРООН, ВБ и ЮНЭП предоставляет поддержку Казахстану через 4 крупных проекта. За 40 лет под воздействи­ем несбалансированного развития скотоводства, культурного садоводства, неконтролируемого строительства и пожаров площади диких горно-плодовых лесов сократились в среднем на 40%, а в отдельных местах на 80%. Оставшиеся массивы разрежены, представлены небольшими изолиро­ванными участками, поражены вредителями и болезнями.

Перед нами стоит реальная угроза потери, как ценнейших ландшафтов, так и имеющих мировое значение генетических ресурсов. В Красную книгу РК в 1981 году было внесено 279 ви­дов высших растений, а в подготовленном издании 2001 года (до сих пор неиздан) уже содержится свыше 400 видов, из них только 81 вид охраняется на территории заповедников.

**Невосполнимые потери животного мира**

**Настоящая ситуация и тенденции.** Значительная часть видового состава млекопитающих населяет ropho-предгорные регионы страны (юг, юго-восток, восток страны), большая часть видового состава рыб обитает в бас­сейне Каспийского моря. Значительный процент птиц водно-болотного и степного комплексов является дальними и ближними мигрантами, покидающими пределы страны в осенне-зимний пе­риод.

Следует отметить, что в Красную книгу Казахстана (КК) включено 125 видов позвоноч­ных и 99 видов беспозвоночных животных. С каждым изданием списки КК расширяются, многие животные, занесенные в КК, такие, как гепард, красный волк, медоед, кулан, сырдарьинский лопа­тонос, илийская маринка, не встречаются в природе уже 30-50 лет. Численность таких видов, как журавль-красавка, стерх, реликтовая чайка, скопа, орлан долгохвост, бородач, серпоклюв, снежный барс, выдра, измеряется единицами, и надежды на самостоятельное восстановление их популяций не­реальны.

**Таблица 3.**

**Показатели биоразнообразия**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таксон\  Группа  Биоты | Всего видов  в мире | Видов на грани исчезновения  в мире | **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН** | | | | |
| Всего видов | Эндемичных | Видов на грани исчезновения | В Красной книге видов % от общего числа | Плотность биоразнообразия – число видов на  10 000 км2 |
| Млекопитающие | 4.629 | 1130/24% | 178 | 4 | 15 | 40/22% | 0,65 |
| Птицы | 9.672 | 1183/12% | 396  Гнездящиеся | 0 | 15 | 56/14% |  |
| Амфибии | 4.522 |  | 12 | 1 | 1 | 3/25% | 0,042 |
| Рептилии | 6.900 |  | 49 | 0 | 1 | 10/20% | 0,18 |
| Пресноводные рыбы | 25.000 |  | 104 | 0 | 5 | 17/16% | 0,38 |
| Высшие растения | 270.000 | 25971/9,6% | 6.000 |  | 36 | 207/4% | 22,2 |

**Источник:** материалы сводки «Всемирные ресурсы» за 2000-2001 г., WCMC (World Conservation Center) и доклада UNEP (United Nations Environment program) 2002, Geo (Global Environment Outlook-3): выборка и уточнения проведены И. Мирхашимовым, А.Ю. Полкановым.

##### **Причины сокращения численности видов**

Продолжается сокращение численности массовых видов животных, в первую очередь, крупных, имеющих коммерческое значение. Основными причинами снижения численности и видово­го состава животных в Казахстане являются:

* слабый контроль за соблюдением объемов и квот изъятия биоресурсов;
* выдача спецразрешений и квот на отлов и отстрел редких видов;
* отсутствие альтернативных видов заработка у населения;
* проведение лесозаготовок с нарушением правил лесопользования;
* низкая стоимость отводимых земель для размещения промпредприятий

и отходов;

* размещение отходов на продуктивных территориях;
* покладка трасс, дорог, трубопроводов;
* сброс в реки и водоемы промстоков, сельскохозяйственных и коммунальных вод и отходов;
* загрязнение водоемов и зарегулирование стока рек.

Проиллюстрируем некоторые причины-примеры.

**Пример 1.** «Загрязнение водоемов и зарегулирование стока рек». В течение 30 лет в Сырдарью сбрасывались возвратные воды с орошаемых полей, содержащие СОЗ, нитраты и удобрения. Отведение воды на поля привело к усыханию моря, соленость достигла 60 промиль, исчезло 28 видов аборигенных рыб. Аральское море превратилось из крупнейшего рыбопромыслового уго­дья в мертвый водоем. Рыба из реки Сырдарья содержит опасные концентрации СОЗ и металлов. По причине многолетних сбросов стоков обогатительных комбинатов и перекрытия русла плотиной крупнейшая река Восточного Казахстана – Бухтырма в настоящее время практически безжизненна – в 200 км от дельты отсутствует ихтиофауна и амфибии.

**Пример 2.** «Чрезмерное изъятие из природы, без учета истинной численности и возможностей воспроизводства популяций». По оценкам СИТЕС, браконьерские уловы на Каспии превышают официальные, как минимум, в 10-15 раз. За последнее десятилетие в Каспии в два раза сократилось видовое разнообразие планктона, а биомасса зоопланктона сократилась в 10 раз. За последние 20 лет официальный вылов осетровых на Каспии сократился с 22 тысяч тонн до менее одной тысячи тонн. Резко снизились объемы добываемой рыбной продукции: за 1 полугодие 2002 г., при общем лимите-63492,9 тонн фактический вылов составил - 15712,589 тонн, или 25% от общего лимита. В 2001 году зарегистрирована катастрофическая гибель каспийской кильки более 250 тыс. т., что равняется годовой квоте вылова всех прикаспийских государств и составляет 400 тыс. т. запасов рыб; в море в 1999 году погибло 6 тыс., в 2000 году - не менее 10 тыс. каспийских тюленей. В связи с сокращением запасов осетровых рыб в 2002 году проведена внеочередная каспийская экспедиция по уточнению численности осетровых рыб.

**Пример 3.** Численность степной антилопы сайги за 10 лет сократилась на 99% - с 2 млн особей до 24 тыс. голов. Причины: государственные заготовки рогов самцов-рогачей в целях импорта, в основном в КНР, для изготовления медицинских препаратов, добыча местным населением в качестве продукта питания. Следствие - нарушение численности и структуры стада, вырождение деградация популяции (см. Таблицу 3.3.3).

**Пример 4:** «Выдача спецразрешений и квот на отлов и отстрел редких видов». В Красную книгу внесено 15 видов из 39 хищных птиц и 40 видов млекопитающих из 178. Процесс изъятия редких животных (джейранов, архаров, балобанов, дроф-красоток) из природы регулируется Постановлениями Правительства (N2 2273 от 11 .09. и N 2 969 от 28.06.2000 г.) «Об ограниченном отлове и правилах пользования в исключительных случаях отдельными видами животного мира». В соответствии с этими документами производится выдача квот на отлов (охоту) краснокнижных птиц и млекопитающих (сокола, дрофы, архары, джейраны). Считается, что решающим фактором при выдаче специального разрешения, является реальное состояние популяции каждого вида. Квоты на изъятие устанавливаются Административным органом СИТЕС - КЛОХ на основании заключений Научного органа СИТЕС - Института Зоологии НАН.

В 2000 году было выдано разрешений на отлов 10 соколов балобанов и 350 дроф-красоток, в 2001 году на - 40 и 425 особей соответственно. В 2002 году квота на отлов 10 соколов балобaнов была выдана, а квота на отлов дроф-красоток значительно сокращена. Выдавая разрешения на отлов, МПРООС и МООС нарушали Соглашение об охране и использовании мигрирующих птиц, заключенное государствами СНГ в сентябре 1994 года.

***Таблица 4***

**Динамика численности популяций сайги**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Годы | Численность сайги | **Действия Правительства** | **Причины изменения численности** |
| 1975 | 2.000.000 | Разрешение на осуществление заготовок | Перепромысел, массовая гибель от эпизотий |
| 1985 | 600.000 | Введение запрета на заготовки | Строгий контроль за соблюдением запрета |
| 1990-1993 | 1.000.000 |  | Соблюдение запрета на местах |
| 1998 | 380.000 |  | Заготовка госорганизациями и браконьерами с целью добычи рогов. |
| 2000 | 250.000 | Принятие Постановления об охране сайги | Продолжающееся браконьерство |
| 2001 | 79.000 |  | Отстрел самцов рогачей, подрыв структуры популяции |
| 2002 | 24.000 | Проводятся рейды и инспекционные выезды | Деградация популяции сайги |

Выдача специальных разрешений группам зарубежных охотников на отлов и вывоз соколов приво­дит к массовому отлову взрослых птиц казахстанской и российской популяций. Кроме того, местные ­жители изымают из гнезд птенцов соколов и беркутов с целью перепродажи заезжим торгов­цам охотникам. В результате попустительства властей и браконьерства повсеместно сократилось число гнездящихся птиц. В 2000 году в Алматинской области размножались только 2 пары балобанов, в предгорьях Северного Тянь-Шаня (урочища Богуты, Сюгаты, Торайгыр) осталось 1 гнездо балобана и 7 гнезд беркута. В Бетпакдале из 7 гнезд в 1999 году браконьерами изъяты птенцы балобана из всех семи, из 10 гнездовых участков в Восточном Казахстане осталось 1 жилое гнездо. На маршруте протяженностью 5000 км, вдоль предгорий Тарбагатая, Манрака и Юго-Алтая, орнитологами были найдены только 9 жилых гнезд (2001г.).

Отмечается рост числа вывозимых за рубеж (Ближний Восток) беркутов. Особо страдают от этого горно-степные популяции орлов - более заметные и доступные. Весной 2001 года, в зоо­парке Абу-Даби, содержалось до 60 орлов, конфискованных у казахстанских и российских контра­бандистов в аэропортах Шарджи, Дубая и Абу Даби.

**Национальная стратегия и система сохранения биологического разнообразия**

**Государственная политика.** В Государственной программе «Стратегия развития Республики Казахстан до 2030 года» главными целями государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального природопользования являются стабилизация качества окружающей среды, обеспечение благоприятной среды проживания человека, сохранение природных ресурсов для будущих поколений. Республика Казахстан, признавая сохранение природных ресурсов и ответственность перед международным сообществом, в период 1994-2001 гг. подписала и ратифицировала 19 конвенций, охватывающих сохранение всех природных компонентов, включая трансграничные аспекты.

Политика в области стабилизации качества окружающей среды

направлена на:

● обеспечение функций государства по владению, распоряжению и управлению

природными ресурсами;

* уменьшение ресурсоемкости экономики и сокращение затрат природных ресурсов на единицу продукции;
* обеспечение устойчивого экономического роста через рационализацию использования природных ресурсов;
* анализ состояния окружающей среды, выявление причинно-следственных связей и объективных критериев.

При поддержке международного донорского сообщества были подготовлены «Национальный план действий по охране окружающей среды для устойчивого развития», Национальные стратегии и планы действий по сохранению биоразнообразия, по борьбе с опустыниванием, проектные документы по охране лесных, водно-болотных и горных экосистем. Идет разработка основных стратегических документов для устойчивого развития: «Концепции устойчивого развития» и «Повестка дня на XXI век».

**Существующее природоохранное законодательство РК**

В соответствии с Конституцией Республики Казахстан, принятой всенародным референдумом 30 августа 1995 года, в нашей стране разработано природоохранное законодательство. Это система законов, нормативных актов; международных и иных обязательств Республики Казахстан, регулирующие общественные отношения в области охраны окружающей среды, как основы жизни и деятельности населения страны.

Действующее законодательство Республики Казахстан включает в себя: законы; указы Президента, имеющие силу закона, и иные нормативные правовые акты Президента; нормативные правовые акты Правительства; ведомственные и иные правовые акты; международные обязательства Республики Казахстан.

За годы государственной независимости Республики Казахстан были приняты следующие законодательные акты, регулирующие вопросы охраны окружающей среды, определяющие меру ответственности за причиненный ей ущерб, в той или иной степени затрагивающие проблему сохранения биоразнообразия:

* Лесной кодекс Республики Казахстан от 23 января 1993 года;
* Водный кодекс Республики Казахстан от 31 марта 1993 года;
* Закон Республики Казахстан «Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира» от 21 октября 1993 года;
* Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу закона, «О нефти» от 28 июня 1995 года;
* Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу закона, «О земле» от 22 декабря 1995 года;
* Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу закона, «О недрах и недропользовании» от 27 января 1996 года;
* Закон Республики Казахстан «Об экологической экспертизе» от 18 марта 1997 года;
* Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды» от 15 июля 1997 года;
* Закон Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях» от 15 июля 1997 года.

Базовый природоохранный Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды» определяет правовые, экономические и социальные основы охраны окружающей среды в интересах настоящего и будущих поколений и направлен на обеспечение экологической безопасности, предотвращение вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности на экологические системы и биологическое разнообразие.

Непосредственно с целями сохранения биологического разнообразия в нашей стране соотносятся законы «Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира», «Об особо охраняемых природных территориях» и «Лесной кодекс Республики Казахстан».

В зависимости от целей, режима охраны и особенностей использования в Казахстане выделены формы ООПТ:

* природные заповедники, включая биосферные;
* национальные природные парки, природные парки, зоологические парки, дендрологические парки, природные заказники, ботанические сады;
* заповедные зоны, памятники природы, леса особо охраняемых природных территорий, водоемы, имеющие государственное значение или особую научную ценность, водно-болотные угодья, имеющие международное значение; участки недр, представляющие особую экологическую, научную, культурную и иную ценность.

Задачей «Лесного Кодекса Республики Казахстан», тесно связанной с сохранением биоразнообразия, является регулирование отношений в области лесного хозяйства в целях обеспечения условий для рационального и неистощительного использования лесных ресурсов, их охраны, защиты и воспроизводства. Специальная глава регламентирует вопросы использования генофонда лесных экосистем, интродукции и реинтродукции представителей флоры и фауны.

Лесное законодательство Республики Казахстан включает также многочисленные нормативные правовые акты, многие из которых непосредственно связаны с сохранением разнообразия флоры и фауны лесных экосистем.

Из нормативных актов, направленных на сохранение и сбалансированное использование биологического разнообразия страны, необходимо выделить следующие постановления Правительства и Верховного Совета Республики Казахстан:

«О дополнительных мерах по сохранению, воспроизводству, рациональному использованию поголовья сайгаков» от 23 августа 1991 года №484;

«Об охране нерестующих рыб в Урало-Каспийском бассейне» от 7 апреля 1992 года №314;

«Об одобрении Республикой Казахстан Конвенции о биологическом разнообразии и организации выполнения предусмотренных ею обязательств» от 19 августа 1994 года №918;

«О проведении научно-исследовательских работ по изучению возможности ограниченного изъятия животных, занесенных в Красную книгу» от 28 марта 1995 года №348;

«Об утверждении порядка государственного учета животных и ведения государственного кадастра животного мира на территории Республики Казахстан» от 21 августа 1995 года №1153. Это постановление обязывает проводить государственный учет животных и вести Государственный кадастр животного мира, содержащий совокупность сведений о географическом распространении животных, об их состоянии и численности, характеристике местообитаний, хозяйственном использовании и другие данные, для обеспечения охраны и рационального использования животного мира на территории Республики Казахстан;

«О проведении на территории создаваемого государственного национального парка «Алтын-Эмель» научного эксперимента по изучению возможности ограниченного изъятия животных, занесенных в Красную книгу», от 5 декабря 1995 года № 1667.

«О создании Иле-Алатауского государственного национального природного парка в Алматинской области» от 22 февраля 1996 г. № 228;

«О создании государственного национального природного парка «Кокшетау» в Кокшетауской области» от 10 апреля 1996 года № 415;

«Об организации государственного национального природного парка «Алтын-Эмель» в Талдыкорганской области» от 10 апреля 1996 г. № 416;

«Об утверждении объемов (лимитов) вылова рыбы и добычи морского зверя в рыбохозяйственных водоемах Республики Казахстан на 1997 год» от 10 января 1997 года № 40.

**Институциональная основа и организационная деятельность по реализации Конвенции о биологическом разнообразии.**

Центральные и региональные законодательные и исполнительные органы государственного управления Республики Казахстан разрабатывают законодательную и стратегическую основу охраны окружающей среды. Для сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия утверждают ставки платежей за пользование природными, в том числе и биологическими, ресурсами, ограничивают деятельность природопользователя при нарушении им природоохранного законодательства, принимают решения о создании охраняемых природных территорий и т.д.

Центральным исполнительным органом Республики Казахстан по охране окружающей среды является Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан и его органы на местах. В состав центрального аппарата Министерства входят: Комитет экологии, Комитет геологии и охраны недр. В ведении Министерства экологии и природных ресурсов находится Государственное предприятие «Информационно-аналитический центр экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан». В деятельности министерства выделены четыре приоритета – создание экологически безопасной окружающей среды, сбалансированное использование природных ресурсов, сохранение разнообразия животного и растительного мира, экологическое просвещение.

Кроме Министерства экологии и природных ресурсов с его территориальными управлениями, в процесс сохранения и рационального использования биологического разнообразия в пределах своей компетенции вовлечены:

* Министерство науки – Академия наук;
* Министерство сельского хозяйства и входящие в его состав Комитет лесного, рыбного и охотничьего хозяйства, Комитет по водным ресурсам, Комитет по ветеринарии, Комитет по управлению земельными ресурсами;
* Министерство образования, культуры и здравоохранения;
* Министерство финансов;
* Министерство иностранных дел;
* Агентство по стратегическому планированию и реформам;
* Комитет по чрезвычайным ситуациям;
* Неправительственные организации экологического направления.

В республике имеется достаточно широкая сеть научно-исследовательских учреждений и опытных станций, ныне объединенных в отраслевые Научные центры. Они занимаются физиолого-биохимическими, селекционно-генетическими исследованиями и созданием сортов и гибридов растений, т. е. работающих непосредственно на увеличение биоразнообразия:

* Институт ботаники и фитоинтродукции;
* Институт зоологии и генофонда животных;
* Институт микробиологии;
* Институт почвоведения;
* Казахский научно-исследовательский институт зернового хозяйства им. А.И. Бараева;
* Казахский научно-исследовательский институт картофельного и овощного хозяйства;
* Казахский научно-исследовательский институт плодоводства и виноградарства;
* Казахский научно-исследовательский институт кормопроизводства и пастбищ;
* Казахский научно-исследовательский институт каракулеводства;
* Павлодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;
* Восточно-Казахстанский институт сельского хозяйства;
* Кзыл-Ординский научно-исследовательский институт агроэкологии и сельского хозяйства;
* Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция;
* Станция генофонда им. Н.И. Вавилова.

В соответствии с Постановлением Правительства Республики Казахстан от 19 августа 1994 года №918 «Об одобрении Республикой Казахстан Конвенции о биологическом разнообразии и организации выполнения предусмотренных ею обязательств» на Министерство экологии и природных ресурсов были возложены функции координации и контроля за выполнением Республикой Казахстан обязательств, предусмотренных Конвенцией о биологическом разнообразии.

После ратификации нашей страной Конвенции о биологическом разнообразии Министерство экологии и природных ресурсов сформировало Межведомственную комиссию по обеспечению выполнения Республикой Казахстан положений Конвенции, в которую вошли руководители и эксперты, представляющие и неправительственные организации, занимающиеся охраной окружающей среды. Министерством разработаны республиканские нормативно-методические документы, предназначенные непосредственно для целей охраны растительности и животного мира республики: «Рекомендации по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на биоресурсы (почвы, растительность, животный мир)» и «Рекомендации по охране почв, растительности, животного мира в составе раздела «Охрана окружающей среды в проектах хозяйственной деятельности». Начата разработка системы льгот и материального стимулирования юридических и физических лиц, обеспечивающих экологически созидательное ведение хозяйственной деятельности в районах, прилегающих к заповедным территориям и объектам, а также поощрения хозяйствующих субъектов, обеспечивающих сохранность генофонда растений и животных в коллекциях и на охраняемых территориях. Осуществлены перевод и издание конвенции о биологическом разнообразии на государственном языке Республики Казахстан. Совместно с Министерством науки – Академией наук Республики Казахстан была разработана Национальная программа устойчивого сохранения и рационального использования биологического разнообразия, включая мониторинг его компонентов в составе глобального экологического природно-ресурсного мониторинга окружающей среды. Эта программа призвана усилить фундаментальные и прикладные научные исследования биологического разнообразия природных комплексов Казахстана.

Министерство сельского хозяйства совместно с Министерством науки, Академией наук и Таможенной службой Казахстана приступили к разработке и реализации мер по предотвращению интродукции видов, несвойственных и чужеродных естественной фауне и флоре Казахстана, проникновение и акклиматизация которых может нанести ущерб наземным и водным экологическим системам. Министерством сельского хозяйства и Министерством науки, Академией наук разрабатывается также комплекс мер по сохранению генетического фонда и восстановлению аборигенных пород одомашненных животных и стародавних сортов сельскохозяйственных растений на территории страны, а также научные основы рационального использования биологических ресурсов агроэкосистем сельскими товаропроизводителями, обеспечивающие сохранность их биологического разнообразия.

Министерство образования и науки, Академия наук совместно с Министерством экологии и природных ресурсов и Комитетом лесного и охотничьего хозяйства разработали Программу сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия лесов Казахстана с акцентом на сохранение внутривидового разнообразия дикоплодовых и орехоплодных лесов юга и юго-востока страны.

Министерством экологии и природных ресурсов совместно с Министерством образования и науки, Академией наук разработан Национальный план действий по борьбе с опустыниванием. Предусмотренные этим планом приоритетные действия по борьбе с опустыниванием должны способствовать, прежде всего, снижению негативного воздействия на биологическое разнообразие различных факторов природного и антропогенного характера.

Важнейшим шагом Республики Казахстан, направленным на охрану окружающей среды, стал процесс разработки Национального плана действий по охране окружающей среды, которым сохранение биологического разнообразия признано одним из приоритетных направлений.

Однако основную роль в планировании сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия призваны сыграть Национальная стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия, к разработке которых Республика Казахстан приступила в 1996 году, когда при Министерстве экологии и природных ресурсов был создан временный творческий коллектив (45 человек), объединивший экспертов в области биологического разнообразия, экономики, планирования, юриспруденции и т. д.

**Особо охраняемые природные территории.**

Одним из важных путей охранения и восстановления биоразнообразия является создание обширной сети охраняемых природных территорий. В этом отношении Казахстан далеко отстает от среднемирового уровня. Охраняемые территории – заповедники и национальные парки занимают всего 13595 кв. км, или 0,5% площади республики, а вместе с территориями ограниченного режима охраны (заказники, памятники природы) – 2,6%.

Государственный природно-заповедный фонд республики в настоящее время включает 8 заповедников, 4 национальных парка, 62 заказника республиканского значения, 24 памятника природы (рис 4.1). Существующие 8 заповедников (площадь 0,8 млн га) представляют, в основном, эталоны горных экосистем Тянь-Шаня и Алтая (Аксу-Джабаглы, Алма-Атинский, Маркакольский, Западно-Алтайский) и степных озер с очень небольшими участками самой степи (Кургальджинский и Наурзумский), в меньшей степени пустынь (Устюртский и Барсакельмес). Практически не представлены эталоны песчаных пустынь и широко распространенные только в Казахстане экосистемы холодно умеренных пустынь (Бетбак-Дала, Прибалхашье). Только частично охраняются горные степи, кустарниковые заросли, плодовые леса, ельники, экосистемы высокогорий.

Таблица 5

Государственные природные заповедники и государственные природные национальные парки Казахстана

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Год образования | Площадь, кв. км |
| Государственные заповедники |  |  |
| Аксу- Джабаглы | 1926 | 751 |
| Алматинский | 1961 | 733 |
| Барса-кельмес | 1939 | 300 |
| Кургальджинский | 1968 | 2371 |
| Маркакольский | 1976 | 750 |
| Наурзумский | 1931 | 870 |
| Устюртский | 1984 | 2230 |
| Западно-Алтайский | 1992 | 561 |
| Итого площадь заповедников |  | 8566 |
| Баянаул | 1985 | 505 |
| Кокшетау | 1996 | 785 |
| Алтын-Эмель | 1996 | 2095 |
| Иле-Алатау | 1996 | 1644 |
| Итого площадь национальных парков |  | 5029 |
| Общая площадь заповедников и национальных парков на 1 января 1998г. 13595 | | |
| В процентах к общей площади  республики 0,5 | | |

В заповедниках Казахстана представлено: 49% флоры высших растений республики, в том числе около 27% видов, занесенных в Красную книгу Республики Казахстан; 17,6% всего видового разнообразия млекопитающих республики (среди них 22 вида «краснокнижных», или 61% от общего числа млекопитающих, занесенных в Красную книгу Казахстана); 87,4% видового разнообразия, гнездящихся в Казахстане птиц (в том числе 39 видов «краснокнижных», или 76,5% от общего их числа, занесенных в Красную книгу); 63,2% пресмыкающихся (в том числе всего лишь 3% из числа занесенных в Красную книгу республики), что свидетельствует о явной недостаточности заповедников в пустынных и полупустынных зонах Казахстана. Имеющиеся сейчас заповедники, национальные парки и другие охраняемые природные территории далеко не обеспечивают сохранения уникального ландшафтного и биологического разнообразия.

Причиной не репрезентативности в распределении заповедных территорий в значительной степени явилось отсутствие научно обоснованного планирования организации. Поэтому на основе дополнительных проработок в 1987 году была разработана "Схема развития и размещения объектов природно-заповедного фонда Казахской ССР на период 2005 года». Однако эта схема, составленная в очень сжатые сроки, имеет много недоработок и уже значительно устарела в новых социально-экономических условиях.

Государственные национальные природные парки выполняют исключительную роль в сохранении уникальных природных ландшафтов, представляют большую ценность в эстетическом воспитании населения и могут служить объектами регулируемой рекреации.

Среди национальных парков Казахстана только «Баянаул» и «Кокшетау» образованы на территории островных горно-лесных массивов Казахстана мелкосопочника и включают в себя значительные по размерам акватории пресных озер. Парк «Алтын-Эмель», расположенный на южных склонах отрогов Джунгарского Алатау, является местообитанием сохранившегося и доступного для обозрения стада антилопы-джейрана (более 3000 особей), горного козла - таутеке и реинтродуцированной популяции кулана. Парк «Иле-Алатау» расположен на северном склоне хр. Заилийский Алатау, включает в себя набор ландшафтов вертикальной поясности от сухих степей до альпийских лугов и горных ледников. Национальные парки республики находятся сейчас в процессе становления и по многим показателям еще не отвечают своему назначению.

Значительно большую площадь и зональную (ландшафтную) представительность имеют на территории Казахстана охраняемые территории с ограниченным (по времени или по набору объектов) режимом охраны. К ним относятся государственные заказники и памятники природы.

В составе заказников выделены: зоологические (39), ботанические (17), ботанико-геологические (1), комплексные (2). Занимаемая ими площадь в 1994 составила 5761 кв. км.

Памятники природы, взятые под государственную охрану, представлены уникальными объектами, как живой, так и косной природы и, как правило, занимают незначительную площадь. Всего в настоящее время на территории республики данный статус присвоен 25 объектам, занимающим площадь 62 кв. км.

Из вышеизложенного очевидно, что имеющиеся охраняемые территории не в состоянии в полном объеме выполнить поставленные перед ними задачи, в связи с чем в Казахстане разработана и представлена на рассмотрение в Правительство «Концепция развития сети охраняемых природных территорий Республики Казахстан», предусматривающая расширение набора типов территорий за счет образования лесных и почвенных генетических резерватов, природных парков. С увеличением количества заповедников до 24, заказников до 117, национальных парков до 8 общая площадь охраняемых территорий должна возрасти до 124,8 тыс. кв. км.

В целях увеличения числа особо охраняемых природных территорий, оптимизации их сети и усовершенствования государственного управления ею, предотвращения приватизации ценных природных объектов, подлежащих особой охране, осуществляются следующие природоохранные меры.

1. Совершенствование государственной «Схемы развития и размещения объектов природно-заповедного фонда Казахской ССР на период до 2005 года» на базе ландшафтно-зонального и биогеографического районирования Казахстана с учетом приоритетности создания особо охраняемых территорий в центрах повышенного биоразнообразия, эндемизма и местах интенсивного хозяйственного освоения.

2. Переиздание Красной книги Казахстана, том 2 (беспозвоночные животные), том 3 (растения) и издание «Зеленой книги Казахстана», том 4 (растительные сообщества).

3. Составление Книг генофонда с определением статуса каждого вида и сообщества, создание и введение на их основе кадастров растительного и животного мира Республики Казахстан и отдельных административных областей.

4. Разработка унифицированной и научно обоснованной программы и методики ведения кадастра особо охраняемых природных территорий, их инвентаризации и паспортизации, включая заповедники, заказники, Национальные и природные парки, памятники природы, а также заповедные зоны, зоологические парки, ботанические сады и дендропарки.

5. Разработка методики экономической оценки функционирования ООПТ с учетом их природоохранной, образовательной и воспитательной роли.

6. Разработка новых подходов к организации заповедных территорий, включающих в себя экономическое стимулирование землевладельцев и землепользователей, чьи земли изымаются для создания заповедника, заповедной зоны или заповедного ядра национального парка.

7. Превращение национальных природных парков в важные природоохранные учреждения, разрабатывающие нормативы рационального природопользования в условиях своего региона.

**Сохранение биоразнообразия в особо охраняемых природных территориях**

В целях сохранения биологического разнообразия растительного, животного мира, типич­ных, уникальных и редких ландшафтов в Казахстане были созданы особо охраняемые природные территории (ООПТ). Основным законом, регулирующим статус, функции, права и обязанности является Закон «Об особо охраняемых природных территориях» 1997 года. В зависимости от создания и применяемого режима охраны различаются следующие 13 видов ООПТ рес­публиканского и местного значения (таблица 6).

Как показала, более, чем 70-летняя практика функционирования ООПТ, наиболее действенной ­формой охраны ландшафтов и биоразнообразия является заповедование, т.е., полное выведение территории из хозяйственного пользования, организация государственных природных за­поведников. Наличие 2-километровой, как правило, буферной зоны особого режима пользова­ния вокруг заповедника снижает отрицательное воздействие хозяйствующих субъектов на природу за­поведника. По различным оценкам сегодня в 9 заповедниках на площади в 1 млн га (0,4% от территории страны) сосредоточено около 70 % всего биоразнообразия. Это обусловлено рядом факторов:

● выбор участка под заповедник проводился с учетом максимального безопасного режима

● наличие штатной численности сотрудников научного и инспекционного отделов, установление и соблюдение строгого режима охраны, ведение учетов численности охраняемых видов;

● относительная естественная защищенность территории заповедника от антропоген­ного воздействия (рельеф, значительные пространства, удаленность от поселений);

● нарастающий техногенный и антропогенный прессинг на сопредельных с заповедником территориях, сопровождаемый уничтожением растительности и мест обитания животных­.

.

Несмотря на явную эффективность заповедной формы охраны биоразнообразия и наличие объективных (природных и экономических) возможностей, организация новых заповедников практически приостановлена в середине 90-х годов. Последним объектом стал Алакольский заповедник (водно-болотное угодье международного значения), организованный на площади 20 тыс. га, при заявленной проектной площади 60 тыс. га. Причинами приостановки процесса организации заповедников стали:

● нежелание хозяйствующих субъектов и местных органов управления выводить из пользования высокопродуктивные участки, рассматриваемые, как места выпаса, сенокоса, лесозаготовки, охоты, рыболовства и т.д.;

● отсутствие бюджетных средств для поддержки новых заповедников и недооценка социально-экономической, экологической и национальной значимости сохранения естественных ландшафтов и биоразнообразия у курирующих министерств.

За последние 10 лет в Казахстане получили развитие государственные национальные при­родные парки (НП). Большие надежды возлагаются на самый молодой и самый большой в стране Катон-Карагайский НП, организованный в казахстанской части Алтая на площади 670 тыс. га. Это чрезвычайно важный трансграничный природоохранный объект, подтверждаемый международной оценкой ВФОДП.­

Целью воссоздания заказников является сохранение природных комплексов, как мест произрастания, обитания и размножения аборигенной флоры и фауны. Заказной режим, по сравнению с заповедным, менее эффективен, так как не запрещает ведение основных видов хозяйственной деятельности, а охрана территории, как правило, носит сезонный характер. Постановлением Правительства N2382 от 25.05.2001 г. созданы три государственные заповедные зоны республиканского значения: Кендерли-Каясайская (1.231 тыс. га), Карактауская и Арысская (404 тыс. га) и Жусандалинская (2.757 тыс. га), предназначенные для охраны мест обитания и гнездования дрофы-красотки степных и полупустынных ландшафтах юга и юго-запада Казахстана.

В Казахстане отсутствуют некоторые категории ООПТ, предусмотренные международными критериями. Природные возможности страны, безусловно, позволяют заявить ряд уникальных объектов в список всемирного наследия, организовать биосферные заповедники, добавить ВБУ в Рамсарский список, создать морские, степные и горные трансграничные ООПТ. Назрела острая необходимость организовать заповедники в дельтовых и нерестовых участках крупнейших рек - Урала, Волги, Или, Сырдарьи, Иртыша, Лепсы, Каратала, охватив побережье Киши Арала, Зайсана, Балхаша; взять под охрану горно-лесные массивы Джунгарии, Тарбагатая, Каратау, степные урочища Ерментау, дубовые леса вдоль реки Урал и десятки других объектов.

Не менее важным компонентом сохранения природных комплексов остается вопрос адекватного финансирования ООПТ. Ряд заповедников и НП не имеют научных и экскурсионных отделов, не осуществляют работу по информированию и экологическому воспитанию населения. Ослаблена до минимума инспекционная деятельность служб охраны ООПТ ввиду отсутствия необходимых экономических стимулов, как у личного состава, так и у администрации. Иски и штрафы, а также плата за использование ООПТ не направляются по своему прямому назначению. Имеет место браконьерство, охотничьи сафари, развлекательный туризм, рубки леса, вылов рыбы, пользование земель под сельскохозяйственные нужды. Национальные парки, преследуя экономические интересы, умышленно не проводят зонирование территории. Организация НП на базе лесничеств не сопровождается выделением адекватных бюджетных средств.

Таблица 6

Состав и размеры ООПТ республиканского значения, ориентированных на сохранение природных комплексов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели /виды | Количество | Площадь млн га | Соотношение  к территории страны |
| Всего ООПТ (заповедники, заказники, заповедные зоны, памятники природы) | 104 | 12,33 | 4,52 |
| Памятники природы | 26 | 0,006 | - |
| Заповедники | 9 | 0,95 | 0,34 |
| Национальные парки | 7 | 1,4 | 0,51 |
| Заповедные зоны | 5 | 4,4 | 1,61 |
| Заказники | 57 |  | 2,0 |
| Число ООПТ, площадью свыше 100 000 га | 21 |  |  |
| Число ООПТ, площадью свыше 1 млн га | 4, выключая заповедную зону Каспийского моря | | |
| Число объектов Рамсарской конвенции (водно-болотных угодий международного значения). | 3 | 0,7 | 0,25 |
| Число объектов всемирного природного наследия | 0 |  |  |
| Число трансграничных ООПТ | 0 |  |  |
| Число биосферных резерватов/ заповедников | 0 |  |  |
| Число морских ООПТ | 0 |  |  |

Не включена площадь заповедной зоны Каспийского моря и площади заказников «Алматинский» «Рахмановские ключи», вошедшие в состав национальных парков

Доступность заповедных зон, отсутствие администрации и штатных сотрудников делают эту форму охраны неэффективной. В заповедной зоне Каспийского моря в течение 25 лет наращи­ваются объемы добычи нефтегазового сырья. В последние 3 года деятельность нефтяных компа­ний (строительство комплекса островов, монтаж оборудования и бурение, прокладка трубопроводов от островов на сушу) ведется непосредственно на шельфовой зоне.

Примечательно, что по всему побережью казахстанской части Каспия, включая дельту Урала и Волги, не создано ни одного заповедника. Тогда как в других Прикаспийских государ­ствах они существуют и успешно решают задачи сохранения биоразнообразия трансграничного водоема. Отсутствие заповедников при многократных попытках их организации на тысячеки­лометровых участках рек Или, Урал, Сырдарья, Иртыш, акваториях Балхаша, Зайсана, Бухтар­мы и Чардары, хорошо иллюстрирует доминирование сиюминутных экономических интересов над экологическими.

**Конвенция сохранения биологического разнообразия**

**Сохранение ex situ.** Сохранением компонентов биологического разнообразия вне мест их естественного обитания в Республике Казахстан занимаются государственные ботанические сады и зоологические парки.

Главный ботанический сад, расположенный в Алматы, со своими периферийными отделениями (Алтайским, Карагандинским, Жезказганским, Илийским) и Мангышлакским экспериментальным ботаническим садом раполагает самым крупным в Центральной Азии банком гермоплазмы несельскохозяйственных растений. Коллекционный генофонд ботанических садов включает 4012 цветочно-декоративных, 1985 древесных, 987 тропических и субтропических, 794 плодово-ягодных, 572 технических, 495 лекарственных и 257 видов кормовых растений. В коллекциях и на экспозиционных участках ботанических садов Казахстана содержится значительное число редких видов: в Главном ботаническом саду – 225, Алтайском – 150, Центрально–Казахстанском – 50. К сожалению, размещение ботанических садов в Казахстане не охватывает основные природно-климатические зоны страны и, соответственно, не позволяет значительно расширить возможности по выращиванию, разведению и реинтродукции редких и исчезающих видов растений Казахстана.

В Республике Казахстан имеется три государственных зоологических парка – Алматинский, Карагандинский и Шымкентский, в коллекции которых содержится более 500 видов редких и исчезающих видов животных. В соответствии с климатическими и другими условиями содержания животных за этими зоологическими парками определена своя специализация по содержанию и разведению редких животных, занесенных в Красную книгу Казахстана. Из таких животных в Алматинском зоопарке содержится 39 видов, в Шымкентском – 21, в Карагандинском – 10. Кроме того, в республике существуют несколько специализированных питомников, наибольшую известность из которых имеет соколиный питомник «Сункар» – частное предприятие, работающее совместно со специалистами-орнитологами Института зоологии и генофонда животных Министерства науки-Академии наук Республики Казахстан. За шесть лет существования питомника было получено 222 птенца сокола-балобана, часть из которых (81 экземпляр) была выпущена на волю для увеличения численности популяции этого вида в Алматинской области.

**Экологическое нормирование воздействия на биоразнообразие**

Нормативно–правовая база регулирования воздействия хозяйственной деятельности на биоразнообразие учитывает три группы факторов:

* факторы, связанные с непосредственным изъятием биоресурсов;
* факторы загрязнения окружающей среды (выбросы в атмосферу, сбросы в водные объекты, размещение отходов, шумовое, тепловое, радиационное и др. виды загрязнений);
* факторы, связанные с территориальным размещением хозяйственных объектов, в результате которого происходят изменения условий окружающей природной среды, отрицательно влияющие на биоразнообразие.

Согласно закону Республики Казахстан «Об охране окружающей среды» и Концепции экологической безопасности, основным методом регулирования воздействия на окружающую среду хозяйственной деятельности является применение лимитов и квот на природопользование, представляющих собой установленные на определенный срок объемы предельного использования (изъятия) природных ресурсов, а также выбросов, сбросов загрязненных веществ, размещения отходов и других видов вредного воздействия на окружающую среду. Лимиты и квоты устанавливаются природопользователям на основе действующих экологических нормативов, определяющих предельно допустимый уровень воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Экологическое нормирование имеет, как территориальный, так и производственный аспект.

Территориальное экологическое нормирование определяется по способности экосистем нейтрализовать хозяйственно-экономическое воздействие без выхода из состояния баланса, то есть, без утраты способности самовосстанавливаться.

Производственное экологическое нормирование предусматривает установление нормативной доли и суммарного воздействия предприятий на окружающую среду, определяемой с таким расчетом, чтобы воздействие объектов на территории данной экосистемы не превышало порогового уровня.

Проведение территориального экологического нормирования намечается осуществить в рамках экологического районирования административных областей и выделения эколого-географических районов, характеризующихся специфическими природно-климатическими условиями. Исходя из потенциальных возможностей экосистемы конкретного эколого-географического района, необходимо выдерживать антропогенные нагрузки, будут разработаны экологические нормативы (ограничения), лимитирующие природопользование по четырем направлениям:

а) ограничения по загрязнению окружающей природной среды (выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, другие вредные воздействия);

б) определение экологически допустимых пределов использования природных, в том числе биологических, ресурсов;

в) эколого-экономические ограничения – установление экономически рациональной и экологически безопасной для данной экосистемы структуры отраслей производства;

г) территориальные ограничения активности хозяйственной деятельности: от полномасштабной (в пределах экологических требований) и регулируемой (национальные парки, заказники, зоны покоя, водоохранные зоны и др.) до полного ее запрещения (заповедники).

Система производственного экологического нормирования представлена в настоящее время нормативами предельно допустимых выбросов (ПДВ) и предельно допустимых сбросов (ПДС). Она эффективно функционировала, пока предприятия работали в стабильном режиме. Лимиты на природопользование ориентировали на осуществление природоохранных мероприятий. При резком спаде производства отмечено, как следствие, прогрессирующее снижение объема выбрасываемых (сбрасываемых) загрязняющих веществ. Предприятия стали легко укладываться в доводимые лимиты, не заботясь при этом о внедрении чистых технологий. Действующая система производственных нормативов оказалась неприспособленной к изменившейся ситуации. Она сложна, требует огромных затрат финансовых средств и, самое главное, она не может оперативно реагировать на изменение экологической ситуации. В связи с этим огромное значение приобретает вопрос совершенствования системы производственного экологического нормирования, внедрения принципа, согласно которому нормативы устанавливаются, исходя из удельных норм выбросов (сбросов) загрязняющих веществ и размещения отходов на единицу выпускаемой продукции.

По используемым биологическим ресурсам производственные нормативные ограничения объема изымаемых (используемых) ресурсов определяются периодически на основе результатов пересчета (обследования) состояния данного ресурса в конкретном году. При этом суммарный объем всех разрешений на использование биологических ресурсов, выданный природопользователям, не должен превышать общего годового объема возможной добычи, определенного на конкретный год для рассматриваемой экосистемы в данном районе. Общий объем возможного изъятия должен соответствовать территориальным экологическим нормативам для этой экосистемы, установленным, исходя из темпов восстановления ресурса. Механизм такого применения нормативов отсутствует.

При осуществлении производственного нормирования использования земельных и биологических ресурсов производится распределение нормативной площади земель, на которой допускается осуществление или полномасштабной, или ограниченной хозяйственной деятельности между конкретными землепользователями. Основные требования при этом, как и при других видах нормирования, это соответствие площади, распределенной между землепользователями, территориальному экологическому нормативу, установленному для каждой категории землепользования в данной экосистеме.

**Экономическое стимулирование рационального использования биологических ресурсов**

Финансовый механизм стимулирования рационального использования биоресурсов и охраны окружающей среды.В настоящее время основные экологические платежи в Казахстане поступают в централи­зованном порядке в государственный бюджет. В Кодексе о налогах и других обязательных плате­жах в бюджет выделяются следующие виды экологических платежей:

\* плата за загрязнение окружающей среды;

\* плата за пользование земельными участками;

\* плата за пользование водными ресурсами поверхностных ресурсов;

\* плата за пользование животным миром;

\* плата за лесное пользование;

\* плата за использование особо охраняемых природных территорий.

При этом плата за пользование животным миром и плата за использование особо охраня­емых природных территорий республиканского значения поступает в республиканский бюджет, а все остальные из вышеперечисленных платежей - в местные бюджеты. Таким образом, основной объем экологических платежей, исключая налоги с недропользователей, поступает в настоящее время в состав местных бюджетов.

Финансирование природоохранных мероприятий из республиканского бюджета осуществ­ляется посредством выделения средств на реализацию бюджетных программ Министерства охра­ны окружающей среды и природоресурсных комитетов Министерства сельского хозяйства, а из местного бюджета - путем выделения ассигнований на охрану окружающей среды. Объемы фи­нансирования на природоохранные нужды устанавливаются на ежегодной основе в рамках утвер­ждения республиканского и местных бюджетов.

Нынешняя централизованная система сбора экологических платежей налоговыми органа­ми оценивается, как более эффективная по сравнению с ранее существовавшими целевыми фонда­ми охраны окружающей среды в плане сбора средств и соответствующих административных зат­рат по сбору. В то же время отсутствие целевого назначения экологических платежей является существенным препятствием с точки зрения устойчивости системы управления, возможностей при­менения мер экономического стимулирования и долгосрочного планирования в области рацио­нального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Кроме того, еще бо­лее остро встает проблема с использованием значительной части экологических платежей на ме­роприятия, несвязанные с охраной окружающей среды. Вопрос о необходимости целевых госу­дарственных экологических фондов все чаще обсуждается на уровне отдельных государственных органов, однако официальные планы по их созданию и восстановлению пока отсутствуют. По данным Министерства охраны окружающей среды только 8,8% средств, поступающих в качестве экологических платежей в местные бюджеты, используются на природоохранные цели.

**Международное сотрудничество по сохранению биологического разнообразия**

Особенностью современного развития Республики Казахстан является стремление государства к интеграции в процессы устойчивого развития на глобальном, региональном и субрегиональном уровнях. Активное участие Казахстана в международных программах и проектах, присоединение к международным конвенциям в области окружающей среды способствуют включению страны в общемировой процесс экологической деятельности и открывают доступ к современным технологиям, производству и снижают непроизводительные потери.

Казахстан участвовал во Всемирной конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и принятии ее основных документов: Декларации Рио и программы действий по переходу мирового сообщества к устойчивому развитию – «Повестки дня на XXI век». Делегация Казахстана, во главе с Президентом Республики Н.А. Назарбаевым, участвовала в работе Специальной сессии Генеральной Ассамблеи ООН «Рио+5» (1997 г.), на которой была дана первая глобальная оценка прогресса по выполнению «Повестки дня на XXI век».

С 26 августа по 4 сентября 2002 года в г. Йоханнесбург состоялся Всемирный саммит по устойчивому развитию (ВСУР), где были обсуждены итоги деятельности мирового сообщества за последние 10 лет по реализации принятой в Рио-де-Жанейро на «Повестки дня XXI век». Итогами ВСУР стали Политическая Декларация Саммита и План по Осуществлению решений ВСУР с конкретными обязательствами и временными рамками, а также механизмы реализации, включая использование процессов глобализации, лучшее управление ресурсами, участие общественности, институциональное развитие и другие.

Важным итогом Саммита стало объявление нового международного института Партнерских Инициатив, выдвинутых регионами, группами стран и организаций. Среди основных Инициатив были выдвинуты инициативы Африки, Европы и Центральной Азии. Инициатива Центральной Азии вошла также в План по осуществлению и направлена на разработку и реализацию субрегиональной Стратегии по устойчивому развитию (Центральная Азия – Повестка - 21). Признано успешным и плодотворным участие стран региона в работе Саммита.

Казахстан ратифицировал значительное число конвенций в области охраны основных компонентов биосферы – воды, воздуха, озонового слоя, биоразнообразия – в целях приостановки ухудшения экологической ситуации в стране через гармонизацию законодательства с международным.

**Международные экологические соглашения и конвенции**

Работы по присоединению Казахстана к международным экологическим конвенциям (МЭК) и соглашениям были начаты в 1993 году, когда Казахстан стал стороной Конвенции Всемирной МООС, значительно расширил работы в этом направлении. В итоге, к 2003 году ратифицировано 19 МЭК и подписано 2 международных Соглашения.

Постоянно ведутся работы по присоединению к международным соглашениям; подготовлены предложения в Экспертный совет МИД РК по сотрудничеству республики с зарубежными странами по присоединению к Картахенскому протоколу по биобезопасности; Рамсарской конвенции о водно-болотных угодьях, Боннской конвенции об охране мигрирующих видов, Роттердамской конвенции о процедуре предварительного согласования в отношении химических веществ и особо опасных пестицидов в международной торговле. Подготовлен и направлен на согласование в министерства и агентства Республики Казахстан проект «Плана основных мероприятий для реализации положений ратифицированных конвенций». В 2003 году принят закон о ратификации Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением.

Активное участие Казахстана в международных экологических процессах, таких, как «Конференция ООН по окружающей среде и развитию», «Окружающая среда для Европы», «Повестка дня на 21 век». Цели развития на пороге тысячелетия в Казахстане является составным элементом новой политики по охране окружающей среды, а также результатом структурных изменений в управлении данной отраслью. И здесь МЭК являются конкретным объектом международного экологического сотрудничества и показателем деятельности правительства в области охраны окружающей среды. Положительными сторонами участия страны в МЭК являются:

● расширение международного сотрудничества путем включения в общемировой процесс экологической деятельности;

● содействие суверенитету страны;

● использование международного технического, технологического, информационного опыта в природоохранной деятельности;

● получение технической и финансовой помощи;

● внедрение новых правовых и экономических механизмов в практику

природопользования страны.

*Таблица 7*

Международные экологические конвенции/ соглашения, ратифицированные Республикой Казахстан на 1 марта 2003 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование конвенции/соглашения | Документ, подтверждающий ратификацию |
| 1 | Конвенция всемирной метеорологической организации | Постановление Верховного Совета РК «О присоединении к конвенции ВМО» от 18.12.1992  Постановление Кабинета министров от 13.04.1993  «О присоединении к конвенции ВМО» |
| 2 | Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью | Постановление Кабинета Министров РК от 04.03. 1994 |
| 3 | Конвенция по безопасности живых организмов в море | Постановление Кабинета Министров РК от 04.03. 1994 |
| 4 | Конвенция по биоразнообразию | Постановление Кабинета Министров РК № 918 от 19.08. 1994 |
| 5 | Конвенция по охране Всемирного культурного и природного наследия | Присоединение и ратификация 29.07.1994 |
| 6 | Рамочная конвенция ООН по изменению климата | Указ Президента Республики Казахстан «О ратификации рамочной конвенции ООН об изменении климата» от 04.05.1995 |
| 7 | Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием | Постановление Сената 28.06.1997  Закон РК, 07.07.1997. № 149-13 РК |
| 8 | Венская конвенция об охране озонового слоя | Закон РК от 30.10.1997 |
| 9 | Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой | Закон РК от 30.10.1997 |
| 10 | Лондонская поправка к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой | Закон РК от 07.05.2001. № 191-II |
| 11 | Договор к Энергетической Хартии и Протокол к Энергетической Хартии по вопросом энергетической эффективности и соответствующим экологическим аспектам. | Указ Президента РК от 6 апреля 1999 года |
| 12 | Конвенция о международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения СИТЕС | Закон Президента РК от 6 апреля 1999 года |
| 13 | Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду. | Постановление Правительства от 20.02.1995 |
| 14 | Конвенция о доступе к информации, участия общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды | Закон РК о Ратификации № 92-II от 23.10.2000 |
| 15 | Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте | Закон РК о присоединении № 86- II от 21.10.2000 |
| 16 | Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий | Закон РК о присоединении № 91-II от 23.10.2000 |
| 17 | Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер | Закон РК о присоединении № 94-II от 23.10.2000 |
| 18 | Киотский протокол о Рамочной конвенции ООН об изменении климата | Указ Президента РК от 12.03.1999 г. |
| 19 | Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях | Постановление Правительства РК от 18.05.2001г. |
| 20 | Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния | Закон РК о присоединении № 89-II от 23.10.2000 |
| 21 | Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. | Закон РК «О присоединении Республики Казахстан к Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением» 15.02.2003 г. |

*Таблица 8*

Конвенции и соглашения, по которым Экспертным советом МИД принято решение о присоединении

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование конвенции/ соглашения | Дата принятия решения о присоединении | Состояние дел |
| 1 | Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом, как мест обитания водоплавающих птиц (Рамсарская) | 1997 | На рассмотрении |
| 2 | Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (Боннская) | 1979 | Подготовка пакета ратификационных документов |
| 3 | Соглашение по охране Афро-Евразийских мигрирующих водно-болотных птиц | 1997 | На рассмотрении |

***Таблица 9***

**Конвенции и соглашения, актуальные для Республики Казахстан**

|  |
| --- |
| **Наименование конвенции/ соглашения** |
| Конвенция о биологическом разнообразии: Картахенский протокол по биобезопасности (2000) |
| Конвенция об охране дикой флоры и фауны природных сред обитания в Европе (1979) Боннская конвенция |
| Поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой: Копенгагенская поправка (1992), Монреальская поправка (1997) |
| Роттердамская конвенция о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле (1998) |
| Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер: Протокол по воде и здоровью (1998) |
| Протоколы к конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния:  1. Протокол о тяжелых металлах (1998) |
| 2. Протокол о долгосрочном финансировании Европейской программы мониторинга и оценки (1984) |
| 3. Протокол о летучих органических соединениях (1991) |
| 4. Протокол о стойких органических загрязняющих веществах (1998) |
| 5. Протокол по борьбе с подкислением серы, эвтрофикацией и скоплением озона в приземном слое атмосферы (1999) |
| 6. Протокол относительно регулирования выбросов окислов азота (1988) |
| 7. Протокол о сокращении выбросов серы (1985) |
| 8. Протокол о дальнейшем сокращении выбросов серы (1994) |
| Конвенция по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству (Лондон, 1990) |
| Конвенция о создании международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью /с поправками/ (Брюссель, 1971) |

**Финансовые аспекты участия в конвенциях.** Немаловажным фактором для развивающихся стран с переходной экономикой является получение от Секретариатов конвенций технической и финансовой помощи.

Одним из условий присоединения к конвенции является вступительный взнос страны, а также ежегодный взнос (не для всех конвенций). Суммы вступительного взноса в различные конвенции колеблется от 3 до 40 тыс. дол. США, ежегодные взносы могут достигать 60 тыс. дол. США. Для разных стран эти цифры различны и зависят от размера валового внутреннего продукта страны. Некоторые конвенции не требует взносов.

Средства, получаемые развивающимися странами и странами с переходной экономикой при присоединении к конвенции, во много раз превышают затраты на ежегодный взнос. Так, присоединение Казахстана к Лондонской поправке к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, позволило получить в 2002 году 5,4 млн дол. США.

**Сотрудничество стран центральноазиатского региона в области международных экологических конвенций**

Процесс присоединения, ратификации и реализации обязательств Международных экологических конвенций (МЭК) осуществляется странами Центральной Азии и СНГ на двухсторонней основе с Секретариатами конвенций. Каждая страна обладает суверенным правом определять необходимость принятия обязательств конвенций, влекущих определенный комплекс выгод и обременительных издержек для страны.

Присоединение стран к МЭК создает основу для унификации методических и нормативных подходов к тематике конвенции в национальной деятельности. В той мере, в которой эта деятельность требует межгосударственного сотрудничества, возрастает потребность интеграции по выполнению обязательств конвенций.

Планируемая разработка в ближайшие годы Конвенции Устойчивого развития Центральной Азии, Горной конвенции Центральной Азии, Рамочной конвенции по сохранению экосистемы Каспия будет в значительной мере основываться на положениях других конвенций.

Особое место занимают 4 трансграничные конвенции Европейской Экономической Комиссии (ЕЭК) ООН, Базельская и Роттердамская конвенции. Однако основная деятельность по их реализации может осуществляться только между сопредельными государствами в случае природных миграций загрязнителей, а также по транспортным путям в случае перевозок и торговли. Национальная деятельность в этих конвенциях занимает подчиненное положение, так как содержит положения о возможности коллективного представительства стран в Конвенциях.

Право коллективного представительства предусмотрено для «региональных организаций экономической интеграции», что предполагает не только наличие соответствующих политических соглашений, но и высокий уровень интеграции. Пример такого коллективного представительства создан решением Европейского союза о коллективном представительстве стран ЕС в Киотском протоколе Рамочной Конвенции по изменению климата.

Очевидно, что уровень интеграции, достигнутый в рамках Центрально-азиатского Саммита, Исполкома СНГ или ЕврАзЭс, еще далек от делегирования странами полномочий по представительству стран в конвенциях, тем более в условиях, когда еще не все страны присоединились к большинству перспективных для многостороннего регионального сотрудничества конвенций.

Все конвенции допускают и настоятельно рекомендуют разработку двухсторонних, многосторонних и региональных соглашений по адаптации условий конвенции к конкретной географической и экологической ситуации.

**Международное сотрудничество**

* О международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, СИТЕС;
* О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом, в качестве местообитаний водоплавающих птиц, Рамсарская конвенция;
* Об охране мигрирующих видов животных, Боннская конвенция;
* О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, Базельская конвенция;
* О трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния;
* Об оценке воздействия промышленных аварий;
* По охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер.

**РАЗДЕЛ X. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МОНИТОРИНГ. ПРИНЦИПЫ И ТИПЫ МОНИТОРИНГА**

Мониторинг – слежение за какими-то объектами или явлениями в приложении к среде жизни. Этот термин появился перед проведением Стокгольмской конференции (июнь, 1972) в дополнение к понятию «контроль».

С помощью детальной информации о состоянии биосферы можно определить оптимальные природные условия для осуществления различных мероприятий, предсказать, как благоприятные, так и неблагоприятные факторы для ведения хозяйства, принимать меры для уменьшения неблагоприятных условий на жизнь и деятельность людей.

Длительное время наблюдения производились лишь за изменениями состояния природной среды, обусловленными естественными причинами. Однако, как средние величины, характеризующие состояние биосферы, так и крупные равновесные экологические системы, геосистемы под влиянием природных процессов меняются чрезвычайно медленно, измеряемые историческими эпохами.

В отличие от изменений состояния биосферы, вызываемых естественными причинами, ее изменения под воздействием антропогенных факторов могут происходить весьма быстро. Так, изменения, происшедшие по этим причинам в некоторых элементах биосферы за последние несколько десятков лет, сравнимы с некоторыми естественными изменениями, происходившими за тысячи и даже миллионы лет.

Для того, чтобы выделить антропогенные изменения на фоне естественных (природных), возникла необходимость в организации специальных наблюдений за изменением состояния биосферы под влиянием человеческой деятельности. Поэтому в настоящее время под мониторингом понимается комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Основными задачами мониторинга являются: наблюдение за состоянием биосферы, оценка и прогноз состояния природной среды, выявление факторов и источников антропогенных воздействий на окружающую среду и оценка этого влияния.

При осуществлении мониторинга состояния биосферы необходима организация достаточно представительной сети наблюдения (измерения) наиболее важных факторов воздействия, показателей состояния среды. Поскольку организация наблюдений за изменением различных параметров и на различных уровнях биосферы громоздка и затруднительна, необходимо выделить наиболее значимые составляющие, которые, в основном, определяют степень воздействия на окружающую среду, и определить их приоритеты.

Мониторинг подразделяют на базовый или фоновый, глобальный, региональный, импактный; по методам ведения, объектам и средам наблюдений – мониторинг авиационный, космический, биологический, химический; мониторинг атмосферы, гидросферы, литосферы и т.д.

При организации мониторинга возникает необходимость решения нескольких задач разного уровня. Предлагаемая И.П Герасимовым система мониторинга включает три ступени (табл.).

**Система наземного мониторинга окружающей среды**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ступени  мониторинга | Объекты мониторинга | Характеризуемые показатели мониторинга |
| Биоэкологический (санитарно-гигиенический) | Приземный слой воздуха | ПДК токсичных веществ |
| Поверхностные и грунтовые воды, промышленные и бытовые стоки и различные выбросы | Физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и др.) |
| Радиоактивные излучения | Предельная степень радиоизлучения |
| Геосистемный (природно-хозяйственный) | Исчезающие виды животных и растений | Популяционное состояние видов |
| Природные экосистемы | Их структура и нарушения |
| Агроэкосистемы | Урожайность сельскохозяйственных культур |
| Лесные экосистемы | Продуктивность насаждений |
| Биосферный (глобальный) | Атмосфера | Радиационный баланс, тепловой перегрев, состав и запыление |
| Гидросфера | Загрязнение рек и водоемов; водные бассейны, круговорот воды на континентах |
| Растительный и почвенный покровы, животное население | Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных. Глобальные круговороты баланс СО2, О2 и др. веществ |

Как видно из таблицы, на первой ступени главное внимание уделяется наблюдению за состоянием окружающей среды с точки зрения ее влияния на здоровье населения. На второй ступени основным объектом наблюдений и контроля выступают природно-территориальные комплексы. Основная задача третьей ступени – наблюдения за глобальными параметрами окружающей среды с целью оценки последствий этих изменений для здоровья и деятельности людей.

Глобальная экосистема (биосфера), играющая главную роль в стабилизации окружающей среды, теряет устойчивость. В связи с этим назрела необходимость в детальной информации о состоянии биосферы. На территории всей планеты система контроля за состоянием природной сферы развивается чрезвычайно интенсивно, как в региональных, так и в глобальных масштабах перечисленными выше типами мониторинга.

**Мониторинг загрязнения природной среды (МЗПС)**, иногда называемый экологическим мониторингом, является составной частью ЕГСМ ОС и ПР. В системе национальной гидрометеорологической службы наблюдения за загрязнением природной среды ведутся с 1972 года. Основой системы МЗПС является единая наблюдательная сеть, тесно увязанная с метеорологическими станциями и гидрологическими постами национальной гидрометеорологической службы.

**Состояние атмосферного воздуха.** В Республике Казахстан наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха выполняются специализированной службой РГП "Казгидромет". На урбанизированных территориях республики основная масса загрязняющих веществ в атмосфере связана с выбросами от предприятий цветной металлургии, теплоэнергетики, черной металлургии, нефтегазового комплекса. Наиболее крупными загрязнителями атмосферы являются предприятия теплоэнергетики. Использование непроектного твердого топлива с повышенной зольностью приводит к возрастанию в выбросах загрязняющих веществ и увеличению количества золошлаковых отходов.

Предприятия черной и цветной металлургии определяют выбросы в атмосферу в Восточном и Центральном регионах республики, а нефтегазового комплекса - в Западном Казахстане. В последние годы возросли выбросы от автомобильного транспорта, вклад которого в загрязнение воздушного бассейна в большинстве крупных городов достигает 60% и более.

Состояние загрязнения воздуха оценивается по результатам анализа и обработки проб воздуха, отобранных на стационарных постах. Основными критериями качества являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест. Уровень загрязнения атмосферы приоритетными веществами оцениваются по величине комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА5), который рассчитывается по пяти веществам с наибольшими значениями, по формуле:

ИЗА5 = ∑(q ср.i/ПДКi)Сi, где:

q ср.i - средняя концентрация i-того вещества,

ПДКi - среднесуточная ПДК i-того вещества,

Сi - коэффициент, зависящий от класса опасности i - того вещества, принимаемый равным 1,7; 1,3; 0,1 и 0,9, соответственно, для 1, 2, 3 и 4 класса опасности загрязняющей примеси.

Анализ данных мониторинга подтверждает достаточно высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах республики, несмотря на снижение объемов выбросов вредных веществ в атмосферу в результате спада промышленного производства в последние годы. Как уже отмечалось, к ухудшению ситуации приводит увеличение количества личного автотранспорта, покупка населением автомобилей устаревших марок, использование бензина низкого качества.

Наибольший уровень загрязнения отмечается в г. Усть-Каменогорске (ИЗА5 =17,2), в воздушном бассейне которого ПДК повышали по диоксиду серы, фенолу и формальдегиду (более 3 ПДК), диоксиду азота (2,3 ПДК) и пыли (1,3 ПДК). Средние концентрации взвешенных веществ в воздухе превысили ПДК (1,3-2,7 ПДК) в гг. Атырау, Актау и Шымкенте, диоксида азота (1,3 ПДК) и формальдегида (1,3-2,7 ПДК)- в Петропавловске, Таразе, Шымкенте, фенола (1,7 ПДК)- в г. Петропавловске, оксида углерода (1,3 ПДК)- в г. Шымкенте.

Основными источниками загрязнения атмосферы Атырауской области являются 269 предприятий, имеющих более 5600 стационарных источников выбросов загрязняющих веществ, из них 30 предприятий и их подразделений оказывают наиболее сильное влияние на состояние атмосферы: ТОО «Тенгизшевройл», АО «АНПЗ», АО «Эмбамунайгаз», АО «Тенгизмунайгаз», АО «АТЭЦ», ЗАО «Интергаз-Центральная Азия», СП «Матин», Атырауское нефтепроводное управление. Сумма выбросов от этих предприятий составляет 95,5% от общего объема в области из них ТОО "Тенгизшевройл"- 61%, АО "Тенгизмунайгаз"- 15,5%, АО "Эмбамунайгаз"- 8%, АО "АНПЗ"- 9%, "АТЭЦ"-1%.

В Атыруской области расположены 5 стационарных постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха: 3 - в г. Актау, 1 - в вахтовом поселке Тенгиз, 1 - в Курмангазинском районе на границе с Астраханской областью, в зоне влияния Астраханского газоконденсатного завода. Кроме того, ведутся маршрутные наблюдения в районах п. Каратон, п. Саркамыс, месторождения Кара-арна и др.

Многие десятки лет в области разрабатываются более 20 нефтяных месторождений - это примерно 3,5 тыс. скважин, большинство из которых эксплуатируется по устаревшим несовершенным технологиям и на их долю приходится основной объем выбросов с низкой степенью улавливания токсичных веществ. Кроме того, на состояние окружающей среды области, помимо внутренних источников, оказывают влияние Аксарайский (Россия) и Карачаганский (Западно-Казахстанская область) газовые комплексы и другие нефтепромыслы. Экологическая нагрузка в районе усугубляется продолжительным теплым временем в течение года, усиливающим поступление из природных источников в атмосферу огромного количества химических веществ: диоксидов серы, окиси азота, углеводородов. и т.д.

Основной путь решения проблемы загрязнения воздуха - внедрение энергосберегающих технологий. Мировой опыт показывает, например, за счет энергоснабжения тепла в коммунальном секторе можно на 20-30% сократить энергопотребление сектора, причем вкладываемые инвестиции окупаются за 3-4 года.

Еще недостаточно изучены вопросы теплового загрязнения атмосферы, возникающие при сжигании газа на факелах.

Одной из основных экологических проблем нефтепромысла является проблема утилизации попутного газа при добыче нефти.

В настоящее время в республике на факелах сжигается свыше 800 млн кубометров в год попутного нефтяного газа. За период с 1965 года, когда были введены в разработку месторождение Мангышлака, всего по республике добыто 46293 млн кубометра попутного нефтяного газа, из которых сожжено на факелах 37938 млн кубометров, или 81,9%. При этом в атмосферу были выброшены миллионы тонн загрязняющих веществ.

Особенно серьезные недостатки с утилизацией попутного нефтяного газа допускались при освоении месторождений Узень, Жетыбай, Каламкас. Эти месторождения вводились в эксплуатацию без решения вопросов утилизации попутного газа, в начальный период (1989-1994гг.) его утилизировалось не более 15%. Теперь эта проблема на данных месторождениях почти полностью решена и утилизируется до 97% добываемого попутного газа.

В настоящее время АО "Тенгизмунайгаз" совместно с иностранными фирмами предусматривает строительство мини-завода по переработке попутного газа и выработке электроэнергии с мощностью 20 млн кубометров попутного нефтяного газа.

Несмотря на длительный период эксплуатации месторождений Прорвинской группы в Мангистауской области, там до сих пор не решена проблема утилизации попутного нефтяного газа. Всего сначала разработки сожжено на факелах более 5 миллиардов кубометров попутного нефтяного газа. При этом выброшено в атмосферу свыше 500 тыс. тонн загрязняющих веществ. Уменьшение выбросов на 20-25% произойдет при строительстве мини-завода по утилизации попутного нефтяного газа.

В Атырауской области на месторождениях Западное Камышитовое, Ровное, Забурунье, Ботахан, Орысказан, Восточный Макат, Северный Котыртас за весь период разработки добыто 1 млрд куб. м попутного нефтяного газа, из которых 776 млн куб. м сожжено на факелах. В атмосферу за весь период разработки месторождений выброшено 138 тыс. тонн загрязняющих веществ.

**Радиационная экология**. Результаты совместных исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан, специалистов США, Франции, России, экспертов МАГАТЭ свидетельствуют о неблагоприятной радиационной обстановке на территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона. Обнаруженный в почвах плутоний многократно превышает допустимый нормативный уровень. Практически вся территория полигона оценена, как радиоопасная.

Радиационно-загрязненной остается территория Азгирского ядерного и Тайсойганского ракетного полигонов в Атырауской области. Исследования земель на территории Азгирского ядерного полигона, проведенные в 1995-1997 гг. Институтом ядерной физики Национального ядерного центра Республики Казахстан, показали наличие радионуклидной загрязненности. По Тайсойганскому полигону выявлено повсеместное загрязнение земель тяжелыми металлами и ядовитыми продуктами превращения остатков ракетного топлива.

Почвенно-экологическое исследование, проведенное Институтом почвоведения имени У.Успанова в Мангистауской и Атырауской областях в 1993-1997гг., выявили наличие радиоактивного загрязнения на площади 1,4 млн га (без учета зон действия Азгирского ядерного и Тайсойганского ракетного полигонов) в зоне нефтегазовых месторождений.

Вместе с тем, имеющиеся данные не дают целостного и достоверного представления о характере и уровне загрязнения земель Казахстана и относится, главным образом, к характеристике источников загрязнения. Учитывая долгосрочные приоритеты плана стратегического развития Республики Казахстан до 2030 г. постановление Правительства Республики Казахстан от 16 июня 1997 г. № 976 «Об утверждении Положения о порядке изъятия, охраны и использования загрязненных и нарушенных земель», необходимо проведение детальных исследований по выявлению загрязненных земель.

Район Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП)

Общая площадь зоны экологического бедствия составляет 7 млн га, из них территория самого полигона – 1,8 млн га, зоны чрезвычайного и максимального радиационного риска – 5,2 млн га (88,3 % от общей площади региона).

Постановлением Правительства Республики Казахстан от 07 февраля 1996 г. № 172 земли СИЯП были переведены в состав земель запаса и были определены мероприятия по улучшению экологической обстановки в районах, относящихся к зонам чрезвычайного и максимального радиационного риска. Сложность полного хозяйственного освоения земель полигона состоит в том, что на его территории не завершено радиологическое обследование и не установлены нормы допустимых уровней загрязнения земель продуктами ядерных взрывов. В связи с передачей части земель СИЯП в хозяйственное использование, приоритетной задачей является проведение детальных и комплексных исследований этих земель и выработка мероприятий по безопасному ведению на них хозяйственной деятельности. Однако из-за отсутствия финансирования эти работы не проводятся.

**Испытательные и ракетные полигоны.** Ракетно-космическая техника является одним из мощных источников техногенного воз­действия на природно-климатические, экологические и хозяйственные комплексы Земли. В мире действует 17 космодромов.

В настоящее время, на территории Казахстана действуют космодром Байконур и полигоны Сарышаган, «Летно-испытательный». В период с 1957 по 2001 гг. на космодроме Байконур произведено 1189 пусков ракетоносителей, с помощью которых выведено на орбиту 1237 космических аппаратов различного назначения, более 100 межконтинентальных баллистических ракет. (В 2000-2001 гг. на долю Байконура приходилось до 30% общего количества пусков ракетоносителей, производимых в мире).

Космодромы США, Франции, Японии, Австралии и Индии размещаются на побережье океанов в целях снижения ущерба от аварий, предотвращения попадания ракетных ступеней I продуктов сгорания на территорию проживания людей. Три страны - Россия, Китай и Казахстан - осуществляют запуск с внутриконтинентальных космодромов и полигонов, подвергая опасности население и загрязняя территорию.

Трассы полета космических ракет, запущенных с Байконура, на протяжении тысяч километров пролегают над территориями Казахстана и России. Изначально трассы выбирались на малообжитых территориях полупустынь, пустынь, тундры, относимых к «малоценным» землям без понимания их действительной роли в структуре ландшафтов, их хрупкости и уникальности. Известно, что самый большой расход топлива приходится на старт и проход плотных слоев атмосферы до высоты 40-50 км. При этом затрачивается 500-600 тонн топлива, из которых 200 тонн гептила. Планировалось, что продукты сгорания топлива и отделяющиеся ракетные ступени буду оседать в пределах выделенных полос, шириной до 100 километров. Однако, как показала практика, разброс падения фрагментов штатных и аварийных ракет происходит с отклонениями до 80-90 км от границ трассы полета, а продукты сгорания и несгоревшие остатки топлива и окислителе: при падении с высоты 20-100 км разносятся на сотни километров и оседают на площадях в тысячи квадратных километров.

Сегодня выявлен круг проблем, включающий методические, правовые, институциональ­ные, технические и санитарно-гигиенические аспекты, порожденные развитием космического ком­плекса. Однако, как и 10 лет назад, не налажены комплексные исследования экосистем, не прово­дится систематическая оценка воздействия деятельности космодрома и запусков ракет. Практи­чески отсутствует утвержденная нормативно-методическая база для проведения оценки воздей­ствия на окружающую среду (ОВОС) подобных объектов, отсутствуют утвержденные экономи­ческие показатели для расчета ущерба, нанесенного окружающей среде. Существует «Временная инструкция по осуществлению государственного контроля за охраной окружающей среды от заг­рязнения несимметричным диметилгидразином», позволяющая определить экологический ущерб от загрязнения природной среды по нитрозодиметилгидразину (НДМГ).

Гептил опасен при попадании в окружающую среду в связи с его высокой летучестью, нео­граниченной растворимостью в воде, способностью к миграции и накоплению в почвах, грунтах, в иловых отложениях водоемов и рек, организмах растений и животных, высокой стабильностью в глубоких слоях почвы, в растениях, в нефтепродуктах. На сегодняшний день не существует эф­фективных методов обезвреживания гептила и продуктов распада; длительность самоочищения почв от гептила составляет до 34 лет, от керосина - 5 лет. На территории Карсакпайского сельско­го округа на месте упавших ступеней из 70 проб в 17 округах был обнаружен гептил в концентра­циях, превышающих ПДК в 5000 раз. По данным мониторинга в 2000 году, в результате запуска 14 ракетоносителей «Протонов» пролито на грунт 10,5 т гептила и 2 т окислителя. Запуск 13 «Со­юзов» повлек разлив 14 т керосина; запуск 2 ракет «Зенит» привел к сбросу в атмосферу с высоты 20 км 4-х тонн керосина. За период работы космодрома 1957-2000 годы общий объем распыленного гептила составляет около 2 тысяч тонн.

Кроме того, происходит поражение наземных объектов частями ракет и мишеней, а также аппаратами, возвращающимися из космоса, обломками и осколками ракет, взрывающихся в воз­духе и на земле. Всего в стране насчитывается 53 района падения ракет. Существуют администра­тивные районы, экологическая ситуация в которых определяется именно частотой падения ступе­ней ракет. Улытауский район Карагандинской области включает 32 РП общей площадью 2,5 млн га. За период 1995-2000 гг. из 127 запусков в Улытауском районе упало 111 ступеней ракет носителей типа «Протон», «Союз», «Энергия», «Циклон», «Молния», содержащие остатки гептила и кероси­на. Как правило, все обломки токсичны и способны вызвать отравление при попадании воды или при контакте, однако в прошлом они широко использовались местным населением для хозяйствен­ных нужд, построек и поделок. Отмечаются случаи возникновения пожаров на месте падения от­дельных частей.

Также негативное воздействие на окружающую среду оказывается объектами наземной инфраструктуры космодрома и пусковых площадок. Происходит захламление и загрязнение тер­риторий и акваторий строительным мусором, металлоломом, разлитым топливом всех видов и классов опасности (наземное загрязнение). За 2001 год выбросы загрязняющих веществ «Росавиа­космосом» (Россия) составили 800 т, сбросы загрязняющих веществ - 70 т, отходы- 900 т. Тем не менее, вокруг города и вокруг космодрома постоянно возникают стихийные свалки строительно­го и бытового мусора, общей массой до 40 тыс. тонн. Нужно сказать, что представители МООС РК не имеют достаточного доступа на объекты и не могут действенно контролировать экологичес­кую ситуацию на объектах запусков.

Особое внимание необходимо обратить на случаи возникновения аварийных ситуаций на подобных объектах. Из 1189 произведенных запусков с Байконура (к 2001 г.) число аварийных составило 70. В 1999 году произошло 2 аварийных запуска ракетоносителей «Протон» - 5 июля и 27 октября, последний сопровождался падением ракеты в районе поселка Атасу Карагандинской области, что привело к заражению 394,6 тыс. га. Однако, согласно представленным отчетам, обе аварии были экологически чистыми, так как облако гептила, образовавшееся при взрыве ракеты, «не долетая 3 км до земли, испарил ОС», «4 тонны гептила смешал ОС в атмосфере с дождевыми облаками и выпал вместе с осадками на площади 1000 км²». Очевидно, данные отчеты легли в основу расчетов экологических ущербов, нанесенных Казахстану за июльскую и октябрьскую аварии - 10,7 и 19 млн тенге соответственно. Это еще раз подтверждает отсутствие методик ОВОС и разработанных ставок платежей за нанесенный экологический ущерб для подобных объектов и ситуаций.

Еще одним негативным экологическим последствием, требующим особого внимания, яв­ляется возникновение и развитие опасных метеоявлений. В последнее время ведется их активное изучение. В зимний период после запуска в тропосфере, вблизи трассы пролета, наблюдается понижение температуры воздуха на 2-30 С, продолжающееся до 3 суток (регион г. Жезказгана). В термосфере по трассе пролета ракеты происходит уменьшение плотности нейтрального газа и атмосфера из ближайших регионов устремляется в разреженное пространство. Данное явление сопровождается усилением скорости ионосферного ветра на высоте 300 км в 2 раза (регион г. Ал­маты). В нижних слоях атмосферы происходит динамическое воздействие на циркуляцию воздуха.

Семипалатинский испытательный ядерный полигон (СИЯП). Решение о создании Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП) было принято 21 августа 1947 года. СИЯП, располагаясь на территориях трех областей РК – Восточно-Казахстанской, Карагандинской и Павлодарской,— занимает площадь 18 500 км², периметром около 600 км. По бывшей Семипалатинской области площадь полигона составляет 10 000 км² земли. Ядерные испытания проводились с 1949 по 1989 годы, на площади полигона произведены взрывы около 470 устройств (в т.ч. 30 наземных, 86 атмосферных и 340 подземных), мощность которых составила 17400000 тонн тринитротолуолового эквивалента. Первоначально ядерные испытания проводились в целях отработки ядерных взрывных устройств и образцов вооружений, а позднее - и в народно-хозяйственных целях.

Результатом воздействия этих испытаний явились: образование «атомного озера» Бала­пан, выбросы радиоактивных газов в атмосферу, нарушение экологического равновесия, отрица­тельное воздействие на здоровье населения, проживающего в районах, прилегающих к террито­рии СИЯП.

Данные отчетов свидетельствуют о многократных повышенных уровнях гамма-радиа­ции, вплоть до 1250 мкр/час в 1960-1980 годах в городе Семипалатинске, что превысило уровень фона примерно в 100 раз и до 60000 мкр/час в с. Сарапан. Сверхнормативное загрязнение радио­активными изотопами цезия и стронция было обнаружено в реках Шаган, Ащису, озере Балапан и в других водных объектах на территории СИЯП. По крайней мере, на 4500 км², в пределах полиго­на, земли заражены Cs-137 и Sr-90 в повышенных концентрациях.

Последствия мероприятий на полигоне с точки зрения воздействия на окружающую среду и сельское хозяйство были значительными. Ядерные испытания не только нанесли урон непосредственно самой территории полигона, нарушив природные ландшафты, сложившиеся экологические системы и сельское хозяйство, но и отразились на прилегающих к полигону землях. Зарегистрированное загрязнение радионуклидами молока и мяса, производимого фермами вблизи СИЯП, иногда значительно превышало, как фоновый уровень, так и нормы безопасности.

Насущной потребностью на СИЯП сегодня является проведение:

геологических, геохимических, почвенных, гидрологических и геологоразведочных работ;

радиационного, биологического, химического анализа объектов окружающей среды зоны СИЯП для достоверной оценки реального положения на полигоне, как опасностей, рисков, так и положительных перспектив зоны, прилегающей к СИЯП;

сравнить радиационную нагрузку больших и малых доз;

оценить канцерогенный, тератогенный, мутагенный риски при воздействии этих доз; Оценить риски возникновения мертворождений, врожденных аномалий развития, патологий психического развития и др.

**­Воздействие испытательных полигонов Азгир и Капустин Яр**

На границах Западно-Казахстанской и Атырауской областей в регионе Нарын действова­ли три испытательных полигона: Азгирский атомный полигон, Государственный летно-испыта­тельный центр и Государственный центральный полигон (последние два принадлежат российско­му комплексу Капустин Яр, являются действующими и в настоящее время). На территории этих полигонов произведено 29 ядерных взрывов (18 подземных, 11 атмосферных). В исследовательс­ких целях произведены еще 10 ядерных взрывов: 6 - в Карачаганаке, 3 - в Мангистауской области и1- в Актюбинской области.

­**Атомный полигон Азгир**

В период 1966-79 гг. произведено 17 ядерных взрывов на 10 площадках. В результате взры­вов создано 9 подземных полостей общим объемом 1,2 млн м³ и одно искусственное озеро диамет­ром 600 м. Первый взрыв произведен на глубине 165 м, в 1,5 км от поселка Азгир с населением 300 человек. Из взрывной скважины в течение 20 дней выходил газ суммарной радиоактивностью (РА) 190 тыс. Кюри. При последующих взрывах выбросы газов продолжались до 11 месяцев. Суммар­ная масса выбросов в атмосферу от 10 взрывов составила 10 млн Кюри. Полигон закрыт в 80-х годах. Полости, образовавшиеся от взрывов, заполнились солевым раствором из водоносных го­ризонтов и сохраняют от 77 до 1500 Кюри альфа-активных нуклеидов и 450-50000 Кюри бета-частицы ­расщепляющих РА веществ. Объем зараженных почв составляет 24000 м³, суммарная активность которых достигает 50 Кюри.

На площадке N2 производил ОС захоронения грунта с других площадок, уровень РА загрязнения составляет до 25 килобеккерелей /кг грунта, что в 460 раз превышает пак. Уровень гамма-излучения грунта и пыли на площадках составляет 155-3500 мкр/час, при норме 8-10 мкр/ч. Работы по захоронению начаты через 10 лет после первых испытаний. Все это время зона загряз­нения расширялась под воздействием ветра и воды. Так, аккумуляция цезия-137 в растениях соста­вила до 650 Бк\кг, содержание таллия составляет 120-8000 ПДК, содержание тяжелых металлов в почвах выше фоновых в 8,5 раз.

**Полигон Капустин Яр**

Данный ракетно-космический полигон расположен в Астраханской области России и вхо­дит в Западно-Казахстанскую и Атыраускую области в виде летно-испытательного полигона, за­нимает свыше 3 млн га. Он имеет свои специализированные участки, в том числе Тайсоганский полигон площадью 1,5 млн га. По неуточненным (в силу закрытости) данным, проведено 11 ядер­ных взрывов в атмосфере, запущено и взорвано свыше 24000 зенитно-управляемых ракет, испыта­но 177 образцов оружия. В ходе наземного уничтожения 619 ракет типа СС-20 массой 50 тонн каждая в атмосферу выброшено около 30 тыс. тонн высокотоксичных веществ.

Радиационному и токсичному заражению подверглись территории Кзылкогинского (32,000 жителей), Каратобинского, Тайпакского районов. Природные комплексы и жители Урдинского и Джанголинского районов в течение ряда лет находились под перекрестным воздействием полиго­нов Азгир и Тайсоган. 13

**Район падения «ХАКИ»** - участок территории Западного Казахстана с площадью отчужде­ния 832 тыс. га. В течение ряда лет использовался как полигон для запуска ракетной техники новых видов вооружения, попутно служил местом сбора частей уничтоженных мишеней и объек­тов. Участок характерен высокими концентрациями топлива гептила и окислителя АКИ. В райо­нах падения содержание гептила достигает 158 ПДК , в 10 км от границ - 2,3 ПДК.

В целом, говоря о воздействии космодромов и полигонов на окружающую среду, можно констатировать следующее:

● территории полигонов и районы проживания людей, прилежащие к полигонам, загрязнены РА и токсическими отходами высокого класса опасности в концентра­циях, превышающих ПДК в десятки, а местами и в тысячи раз;

● ракетные запуски и их уничтожение в воздухе, сопровождавшиеся разливом

топлива и окислителя, привели к образованию высоко загрязненных, токсичных шлейфов на земле за пределами полигонов;

● запуски ракет усугубляют геохимическую обстановку в районах влияния   
 космодро­мов и полигонов.

Космодром и полигоны Казахстана - органичная часть планетарной сети объектов, разру­шающих атмосферный и озоновый слой, уничтожающих природные биологические сообщества, пагубно действующие на экономику и здоровье населения значительной части страны. И поэтому закрытие атомного полигона Азгир, крупнейших из полигонов базирования континентальных баллистических ракет под городами Державинск и Жангизтобе, а также базы Чаган и полигона Эмба, является таким же значительным достижением, как и закрытие Семипалатинского ядерного полигона.

**Литература**

1.Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития: Учебное пособие. М.:Изд-во Рос. Экон. Акад., 1994. 244 с.

2. Биологический энциклопедический словарь, ред. М.С.Гиляров. М.: Сов. Энциклопедия, 1989. 864 с. /М.: Большая российская энциклопедия, 1998. 864 с.

3. Новиков Г.А. Основы общей экологии и охраны природы: Учеб. пособие. Изд-во ун-та, 1979. 352 с.

4. Одум Ю. Экология: В 2 т.:Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 328 с.

5. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипоте­зы). М.: Россия Молодая, 1994. 367 с.

6. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. Мысль,

1990. 637 с.

7. Риклефс Р. Основы общей экологии / Пер. с англ. Н.О. Фоминой; Под ред. Н.Н. Карташёва. М.: Мир, 1979. 424 с.

8. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. М.: Высш.

школа, 1997. 512 с.

9. Шилов И.А. Физиологическая экология животных: Учеб. пособие для студентов биол. спец. вузов. Высш. 1985. 328 с.

10. Экология в схемах и таблицах: Учеб. пособие/.Сост. З.И.Чердымов А. и др.

Самара АООТ Корпорация

11.Конституция Республики Казахстан. 1995 год.

12.Закон РК «Об охране окружающей среды» от 15 июля 1997 года.

13.Закон РК «Об экологической экспертизе» от 18 марта 1997 года.

14. Закон РК «Об особо охраняемых природных территориях» от 15 июля 1997 года.

15. Закон РК «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне» от 18.12.1992 г.

16. Постановление правительства РК «Об утверждении плана мероприятий по реализации «Концепции экологической безопасности РК» от 03.02.97 г.

17. Постановление правительства РК «Об утверждении Перечня ценных видов животных, являющихся объектами охоты и рыболовства», 2001 г.

18. Постановление правительства «Перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных», № 408 от 10 апреля 2002 г.

19.«Размеры возмещения вреда, причиненного нарушением законодательства об охране, воспроизводстве и использовании животного мира», №1140 от 4 сентября 2001 г.

20.Постановление правительства РК «Правила о порядке образования и использования средств ООПТ, являющихся юридическими лицами», №933 от 21 августа 2002 г.

21. Постановление правительства РК «О мерах по сохранению саксауловых насаждений», № 942 от 23 августа 2002 г.

22. Постановление правительства РК «Правила ведения государственного учета и государственного кадастра ООПТ», №973 от 18.07.2001 г.

23. Постановление правительства РК «Об утверждении Порядка ведения государственного земельного кадастра в РК», №710 от 6 июня 1996 г.

24. Постановление Кабинета Министров РК «Об утверждении Порядка государственного учета животных и ведения Государственного кадастра животного мира на территории РК» № 1153 от 21 августа 1995 г.

25. Проект Постановления Правительства РК «Об изъятии из природы птиц, занесенных в Красную книгу Республики Казахстан, в 2002-2003 годах».

26. Постановление Кабинета Министров РК «Об утверждении Положения о Красной книге Республики Казахстан», №1258 от 13 сентября 1995 г.

27. Красная Книга Казахстана, 1996 г.

28. Национальный План Действий по Охране Окружающей Среды для устойчивого развития. МПРООС, НЭЦУР, 1999 г.

29. Национальная стратегия и план действий по сохранению биоразнообразия. Кокшетау, 1999 г.

30. Национальная стратегия и план действий по борьбе с опустыниванием. Кокшетау, 1999 г.

31. Концепция развития и размещения ООПТ до 2030 года. МПРООС, 1998 г.

32. Региональный план действий по охране окружающей среды для Центральной Азии. ISDC,ADB,UNDP,UNEP.2001г.

33. «Правила организации государственного контроля в области ООПТ»: Приказ МПРОС, №80-П от 4 апреля 2002 года.

34. Материалы Казахстанского института стратегических исследований при Президенте РК «Нефть в Каспийском регионе: проблемы, мировые тенденции и перспективы».— Алматы, 2001.

35. Материалы центра мониторинга загрязнения ОС РГП "Казгидромет". Алматы, 2002.

36. Глобальное экологическое обозрение (ГЭО-3): Национальные доклады Центральной Азии (1972-2002гг.) SIC ISDC, UNEP. Ашгабад, 2001.

37. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан: Статистический сборник. Агентство Республики Казахстан по статистике. 2000 г.

38. Информационный экологический бюллетень. 1998-2001 г. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Казахстан.

39. Обзор 10-летнего прогресса Казахстана по выполнению Повестки дня на XXI век. Алматы, 2002 г.

40. "Обзор природоохранной деятельности Казахстана". ЕЭК ООН, 2001г.

41. World Resources. People and Ecosystems, 2000-2001.UNDP, 2002.

42. World Resources. 2000-2001.WCMC (World Conservation Monitoring Center), 2002.

43. GEO-3 (Global Environment Outlook-3). UNEP (United Nations Environment program), 2002.

44. Environmental performance reviews. Kazakhstan. Economic Comission for Europe. UN, 2002.

45. Международный экологический форум "Балхаш 2000": Сборник материалов и докладов. Алматы, 2000.

46. Устойчивое развитие Или-Балхашского бассейна: проблемы и решения. Алматы, 2002.

47. Журнал "Экология и устойчивое развитие". Астана. 2001-2002 гг.

48. Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. Рио-де Жанейро, 3-14 июня 1992 года, ООН, Нью-Йорк, 1993.

49. Мирхашимов И.Х., Карибаева К.Н. Реализация обязательств Казахстана по конвенции "О сохранении биоразнообразия" // Информационный экологический бюллетень МПРООС №4. Алматы, 2000 г.

50. Шукуров Э., Оролбаева Л. Комплексный экологический мониторинг высоких горных систем Центральной Азии, Бишкек, 1998.

51. Биологическое и ландшафтное разнообразие Республики Казахстан, МЭПР. Алматы, 1997.

52. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан. МЭПР, ЮНЕП. Алматы, 1997.

53. Экология и природные ресурсы. Долгосрочная стратегия до 2030 года.

54. Сохранение биоразнообразия Центральной Азии. Казахстан / под ред. Т.М.Брагиной, О.Б.Переладовой. Алматы, 1997.

55. Конвенция о биологическом разнообразии.

56. Закон Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях».

А.Б.Бигалиев

**БИОЭКОЛОГИЯ**

*Учебник*

*для студентов университетов*

*специальности “Экология”*

Бумага офсетная Формат 70х100/8

Плотность 80гр/см. 95%. Печать РИЗО

Усл.печ.12.8. Объем 275 стр.

Отпечатано в типографии ТОО “Эверо”

РК, Алматы, ул. Байтурсынова, 22

Тел.: 8 (727) 2 33 8045, 2 33 8042, тел./факс: 2 33 83 43

e-mail: evero08@mail.ru