

## Лекции по естествознанию

**ТЕМА: Классификация неорганических соединений. Химические свойства основных классов неорганических соединений в свете теории электролитической диссоциации. Среда водных растворов солей: кислая, нейтральная, щелочная. Водородный показатель (рН) раствора.**

В настоящее время известно более 118 химических элементов: по различным источникам, в природе встречаются от 88 до 94. Химические элементы образуют огромное количество неорганических соединений. Хотя каждому соединению присущи свои особенности, свои специфические свойства, имеется целый ряд веществ с некоторыми сходными, общими свойствами. Исходя из общности свойств, соединения объединяют в группы, классы, то есть классифицируют их, что облегчает изучение многообразия веществ.



Вспомним, что, исходя из состава молекул, **вещества делятся на простые и сложные.**

**Простые вещества** – вещества, молекулы которых состоят из атомов одного вида (атомов одного элемента). В химических реакциях не могут разлагаться с образованием других веществ.

**Сложные вещества (или химические соединения)** – вещества, молекулы которых состоят из атомов разного вида (атомов различных химических элементов). В химических реакциях разлагаются с образованием нескольких других веществ.

**Простые вещества разбиваются на две большие группы: металлы и неметаллы.**

**Металлы** – группа элементов, обладающая характерными металлическими свойствами: твёрдые вещества (исключение составляет ртуть) имеют металлический блеск, являются хорошими проводниками теплоты и электричества, ковкие (железо (Fe), медь (Cu), алюминий (Al), ртуть (Hg), золото (Au), серебро (Ag) и др.).

**Неметаллы** – группа элементов: твёрдые, жидкие (бром) и газообразные веществ, которые не обладают металлическим блеском, являются изоляторы, хрупкие.



**Сложные вещества в свою очередь подразделяются на четыре группы, или класса: оксиды, основания, кислоты и соли.**

**Оксиды** – это сложные вещества, в состав молекул которых входят атомы кислорода и какого – нибудь другого вещества.

**Основания** – это сложные вещества, в которых атомы металлов соединены с одной или несколькими гидроксильными группами.

С точки зрения теории электролитической диссоциации, основания – сложные вещества, при диссоциации которых в водном растворе образуются катионы металла (или NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) и гидроксид – анионы OH<sup>-</sup>.

**Кислоты** – это сложные вещества, в состав молекул которых входят атомы водорода, способные замещаться или обмениваться на атомы металла.

**Соли** – это сложные вещества, молекулы которых состоят из атомов металлов и кислотных остатков. Соль представляет собой продукт частичного или полного замещения атомов водорода кислоты металлом.

## Вода и растворы

Эмпирическая формула –  $\text{H}_2\text{O}$ . Молекулярная масса – 18. **Строение молекулы воды** (структурная формула):

Молекулы воды имеют треугольную формулу: атомы водорода образуют с атомом кислорода угол, равный  $104,3^\circ$ . Вблизи атома кислорода образуется отрицательно заряженное поле, т. к. наибольшая электронная плотность сосредотачивается на атоме кислорода, а вблизи атомов водорода образуется положительно заряженное поле – молекула воды – диполь. Вследствие полярности молекулы воды ассоциируют, образуя водородные связи. Последние обуславливают все физические свойства воды.

**Физические свойства:** вода – бесцветная жидкость, без вкуса и запаха, плотность –  $1 \text{ г/см}^3$ ; температура замерзания –  $0^\circ\text{C}$  (лед), кипения –  $100^\circ\text{C}$  (пар). При  $100^\circ\text{C}$  и нормальном давлении водородные связи рвутся и вода переходит в газообразное состояние – пар. У воды плохая тепло-и электропроводность, но хорошая растворимость.

### **Химические свойства:**

- вода незначительно диссоциирует
- В присутствии воды идет гидролиз солей – разложение их водой с образованием слабого электролита
- Взаимодействует со многими основными оксидами, металлами
- С кислотными оксидами

**Получение:** вода образуется при горении водорода в кислороде:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

Эта реакция протекает мгновенно при  $700^\circ\text{C}$ . Смесь двух объемов водорода и одного объема кислорода называется **гремучей смесью**. Методом перегонки получают чистую воду – **дистиллированную воду**.

**Нахождение в природе:** вода составляет  $2/3$  поверхности Земли. Природная вода не бывает чистой, т. к. в ней растворено огромное количество солей. Вода входит в состав многих кристаллогидратов:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CuSO}_4$

$\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . **Тяжелая вода  $\text{D}_2\text{O}$**  отличается от обычной, образованной водородом – протием – наличием в ней второго изотопа водорода – **D** (дейтерия), Ar которого – 2, следовательно, молекулярная масса тяжелой воды – 20. Плотность  $\text{D}_2\text{O} = 1,1050 \text{ г/см}^3$ ; температура кипения –  $101,4^\circ\text{C}$ , замерзания –  $3,8^\circ\text{C}$ . Химически менее активна. Применяется в качестве замедлителя нейтронов в ядерных реакторах. Она непригодна для жизненных процессов, т. к. изменяет скорость биохимических реакций. В обычной воде частично содержится тяжелая вода.

## Понятие коллоидных растворов

**Коллоидные растворы** – высокодисперсные двухфазные системы, состоящие из дисперсионной среды и дисперсной фазы. По размерам частиц являются промежуточными между истинными растворами, суспензиями и эмульсиями. У **коллоидных частиц** молекулярный или ионный состав.

**Существуют три типа внутренней структуры первичных частиц.**

**1. Суспензоиды (или необратимые коллоиды)** – гетерогенные системы, свойства которых можно определить развитой межфазовой поверхностью. По сравнению с суспензиями более высокодисперсные. Не могут долго существовать без стабилизатора дисперсности. Их называют **необратимыми коллоидами** из-за того, что их осадки после выпаривания вновь не образуют золь. Их концентрация мала – 0,1 %. От вязкости дисперсной среды отличаются незначительно.

**Суспензоиды можно получить:**

- 1) методами диспергирования (измельчение крупных тел);
- 2) методами конденсации (получение нерастворимых соединений при помощи реакций обмена, гидролиза и т. п.).

Самопроизвольное уменьшение дисперсности у суспензоидов зависит от свободной поверхностной энергии. Чтобы получить длительно сохраняющуюся суспензию, необходимы условия для ее стабилизации.

**Устойчивые дисперсные системы:**

- 1) дисперсионная среда;
- 2) дисперсная фаза;
- 3) стабилизатор дисперсной системы.

*Стабилизатор может быть ионный, молекулярный, но чаще всего – высокомолекулярный.*

**Защитные коллоиды** – высокомолекулярные соединения, которые добавляют для стабилизации (белки, пептиды, поливиниловый спирт и др.).

**2. Ассоциативные (или мицеллярные коллоиды)** – полукolloиды, возникающие при достаточной концентрации молекул, состоящих из углеводородных радикалов (дифильные молекулы) низкомолекулярных веществ при ассоциации их в агрегаты молекул (мицеллы). **Мицеллы** образуются в водных растворах моющих средств (мыл), органических красителей.

**3. Молекулярные коллоиды (обратимые или лиофильные коллоиды)** – природные и синтетические высокомолекулярные вещества с большим молекулярным весом. Молекулы их имеют размер коллоидных частиц (макромолекулы).

Разбавленные растворы коллоидов высокомолекулярных соединений – гомогенные растворы. При сильном разбавлении эти растворы подчиняются законам разбавленных растворов.

Неполярные макромолекулы растворяются в углеводородах, полярные – в полярных растворителях.

**Обратимые коллоиды** – вещества, сухой остаток которых при добавлении новой порции растворителя вновь переходит в раствор.

**Гидролиз** — это взаимодействие солей с водой. Многие думают, что гидролиз — это когда в условии написано «прилили воду», Ю, но если нам дан раствор соли, то это значит, что эта самая соль уже вступила во взаимодействие с водой.

Вот стоит стакан с раствором какой-то соли. Если очень повезет, то раствор может быть даже цветным. Соль в растворе находится в виде **ионов** — т.е. она уже провзаимодействовала с водой — продиссоциировала на ионы.

Любая соль состоит из двух составляющих — **катиона** (металла, например) и аниона — **кислотного остатка**. Классический пример образования соли — взаимодействие **основания и кислоты**.



Давайте рассмотрим эту схему на конкретных примерах

### Слабые кислоты:

- $\text{H}_2\text{S}$  — сероводородная кислота. Считается слабой, т.к. плохо растворима в воде — легко улетучивается из раствора, ее запах тухлых яиц ни с чем не перепутаешь! Она очень слабо диссоциирует на ионы.
- $\text{H}_2\text{CO}_3$  — угольная кислота. Тоже слабая, неустойчивая кислота, очень быстро распадается на  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SiO}_3$  — кремниевая кислота. Ну это вообще твердое вещество.
- Все органические кислоты считаются слабыми

### Слабые основания:

- мало- и нерастворимые гидроксиды (см. таблицу растворимости)
- $\text{NH}_4\text{OH}$  — слабое основание, т.к. легко разлагается на  $\text{NH}_3$  (улетучивается из раствора) и  $\text{H}_2\text{O}$

**pH** — водородный показатель — показатель количества ионов водорода  $\text{H}^+$  в растворе



## 1.1 Соль образована сильным основанием и сильной кислотой

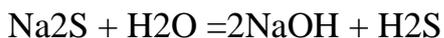
$\text{NaCl}$  — соль образована сильным основанием  $\text{NaOH}$  и сильной кислотой  $\text{HCl}$ .

Такие соли **не гидролизуются**, **нейтральная** среда раствора, pH примерно = 7

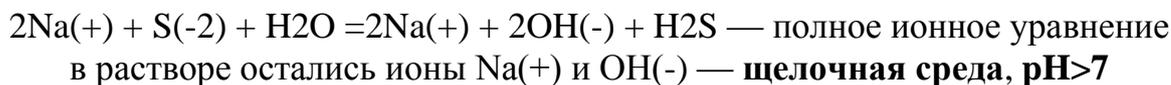
## 1.2 Соль образована сильным основанием и слабой кислотой

$\text{Na}_2\text{S}$  — соль образована сильным основанием  $\text{NaOH}$  и слабой кислотой  $\text{H}_2\text{S}$ .

Давайте посмотрим, что происходит при взаимодействии такой соли с водой:



В ионном виде:



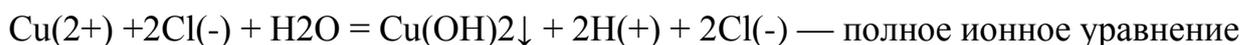
**Это гидролиз по аниону**

## **2.1 Соль образована слабым основанием и сильной кислотой**

$\text{CuCl}_2$  — соль образована нерастворимым в воде основанием  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  и сильной кислотой  $\text{HCl}$



В ионном виде:



в растворе остались ионы  $\text{H}(+)$  и  $\text{Cl}(-)$  — **кислая среда,  $\text{pH} < 7$**

**Это гидролиз по катиону**

## **2.2 Соль образована слабым основанием и слабой кислотой**

$(\text{NH}_4)_2\text{S}$  — соль образована слабым основанием  $\text{NH}_4\text{OH}$  и слабой кислотой  $\text{H}_2\text{S}$



осталась только вода  $\text{H}_2\text{O}$  — **нейтральная среда,  $\text{pH} = 7$**

## Это гидролиз и по катиону, и по аниону

Есть очень простое для запоминания правило — **что слабое, по тому идет гидролиз.**

- Слабое основание — **гидролиз по катиону**
- Слабая кислота — **гидролиз по аниону**
- Слабая кислота и слабое основание — **гидролиз и по катиону, и по аниону**
- Все сильное — **гидролиз не идет**

|                                      |                                      |                   |      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|------|
| слабое основание                     | гидролиз по катиону                  | кислая среда      | pH<7 |
| слабая кислота                       | гидролиз по аниону                   | щелочная среда    | pH>7 |
| слабая кислота<br>и слабое основание | гидролиз и по катиону<br>и по аниону | нейтральная среда | pH=7 |
| сильная кислота<br>сильное основание | гидролиз не идет                     | нейтральная среда | pH=7 |

| Сильные кислоты   | Кислоты средней силы  | Слабые кислоты   |
|---|---|--|
| $\text{HNO}_3$<br>$\text{H}_2\text{SO}_4$<br>$\text{HCl}$ , $\text{HBr}$ , $\text{HI}$<br>$\text{HClO}_4$ | $\text{HF}$<br>$\text{H}_2\text{SO}_3$<br>$\text{H}_3\text{PO}_4$ | $\text{H}_2\text{S}$<br>$\text{H}_2\text{CO}_3$<br>$\text{H}_2\text{SiO}_3$<br>$\text{H}_3\text{BO}_3$<br>$\text{CH}_3\text{COOH}$ и все остальные<br>органические кислоты |

## ТЕМА:

### Химические процессы в атмосфере

Воздушная оболочка, окружающая земной шар называется **атмосферой**.

Историю образования атмосферы пока не удалось восстановить абсолютно достоверно. Тем не менее, выявлены некоторые вероятные изменения ее состава. Становление атмосферы началось сразу после формирования Земли. Имеются довольно веские основания полагать, что в процессе эволюции Праземли и обретения ею близких к современным размеров и массы она практически полностью утратила свою первоначальную атмосферу. Считается, что на раннем этапе Земля находилась в расплавленном состоянии и около 4,5 млрд. лет назад оформилась в твердое тело. Этот рубеж принимается за начало геологического летоисчисления. С этого времени происходила и медленная эволюция атмосферы. Некоторые геологические процессы, как, например, излияния лавы при извержениях вулканов, сопровождались выбросом газов из недр Земли. В их состав, вероятно, входили азот, аммиак, метан, водяной пар, оксид и диоксид углерода. Под воздействием солнечной ультрафиолетовой радиации водяной пар разлагался на водород и кислород, но освободившийся кислород вступал в реакцию с оксидом углерода с образованием углекислого газа. Аммиак разлагался на азот и водород. Водород в процессе диффузии поднимался вверх и покидал атмосферу, а более тяжелый азот не мог улечься и постепенно накапливался, становясь основным ее компонентом, хотя некоторая его часть связывалась в ходе химических реакций.

В атмосфере постоянно происходят разнообразные процессы: химические, физические, биологические и др. В результате данных процессов происходит изменение как нижних, так и верхних слоев атмосферы.

Происходящие в атмосфере процессы происходят закономерно и взаимосвязано. На атмосферу оказывает воздействие космическое пространство, поверхность земли, водоемов, растительного и снежного покрова. Происходит взаимообмен газами, теплом, влагой, жидкими и твердыми частицами. Солнечное излучение является основным источником энергии для атмосферных частиц. В атмосфере, благодаря происходящим в ней различным процессам, происходят некоторые химические реакции,

которые изменяют ее состав. Развиваются движения воздушных масс, образуются облака, осадки, наблюдаются электрические, акустические и оптические явления. Состояние атмосферы постоянно изменяется во времени и в пространстве.

Атмосфера не имеет определенной верхней границы. Она постепенно переходит в межпланетную среду. Условно верхнюю границу атмосферы принято считать на высоте 1000-1200 км. Спутниковые данные изменения плотности воздуха с высотой позволяют считать, что плотность атмосферы приближается к плотности межпланетной среды, начиная с высоты 2000-3000 км.

В настоящее время Земля обладает атмосферой массой примерно  $5,27 \times 10^{18}$  кг. Половина всей массы атмосферы сосредоточена в слое до 5 км, 75% - до высоты 10 км, 95%- до 20км. Около поверхности она содержит 78,08% азота, 20,95% кислорода, 0,94% инертных газов, 0,03% углекислого газа и в незначительных количествах другие газы. Давление и плотность в атмосфере убывают с высотой. Половина воздуха содержится в нижних 5,6 км, а почти вся вторая половина сосредоточена до высоты 11,3 км. На высоте 95 км плотность воздуха в миллион раз ниже, чем у поверхности. На этом уровне и химический состав атмосферы уже иной. Растет доля легких газов, и преобладающими становятся водород и гелий. Часть молекул разлагается на ионы, образуя ионосферу. Выше 1000 км находятся радиационные пояса. Их тоже можно рассматривать как часть атмосферы, заполненную очень энергичными ядрами атомов водорода и электронами, захваченными магнитным полем планеты.

Атмосфера является одним из необходимых условий возникновения и существования жизни на Земле. Она участвует в формировании климата на планете, регулирует ее тепловой режим, способствует перераспределению тепла у поверхности. Часть лучистой энергии Солнца поглощается атмосферой, а остальная энергия, достигая поверхности Земли, частично уходит в почву, водоемы, а частично отражается в атмосферу. Атмосфера предохраняет Землю от резких колебаний температуры. При отсутствии атмосферы и водоемов температура поверхности Земли в течение суток колебалась бы в интервале 200 °С. Благодаря наличию кислорода атмосфера участвует в обмене и круговороте веществ в биосфере. В современном состоянии атмосфера существует сотни миллионов лет, все живое приспособлено к строго определенному ее составу. Газовая оболочка защищает живые организмы от губительных ультрафиолетовых,

рентгеновских и космических лучей. Атмосфера предохраняет Землю от падения метеоритов.

В атмосфере распределяются и рассеиваются солнечные лучи, что создает равномерное освещение. Она является средой, где распространяется звук. Из-за действия гравитационных сил атмосфера не рассеивается в мировом пространстве, а, окружая Землю, вращается вместе с ней.

### **Химическое загрязнение атмосферы.**

Есть много факторов, которые приводят к ухудшению состояния атмосферы. Человек загрязняет атмосферу уже тысячелетиями, однако последствия употребления огня, которым он пользовался весь этот период, были незначительны. Приходилось мириться с тем, что дым мешал дыханию, сажа ложилась черным покровом на потолке и стенах жилища. Получаемое тепло было для человека важнее, чем чистый воздух и не закопченные стены пещеры. Это начальное загрязнение воздуха не представляло проблемы, ибо люди обитали тогда небольшими группами, занимая неизменно обширную нетронутую природную среду. И даже значительное сосредоточение людей на сравнительно небольшой территории, как это было в классической древности, не сопровождалось еще серьезными последствиями. Так было вплоть до начала девятнадцатого века. Лишь за последние сто лет развитие промышленности "одарило" нас такими производственными процессами, последствия которых вначале человек еще не мог себе представить. Возникли города-миллионеры, рост которых остановить нельзя. Все это результат великих изобретений и завоеваний человека. В основном существуют три основных источника загрязнения атмосферы: промышленность, бытовые котельные, транспорт. Доля каждого из этих источников в общем загрязнении воздуха сильно различается в зависимости от места.

Сейчас общепризнанно, что наиболее сильно загрязняет воздух промышленное производство. Источники загрязнений - теплоэлектростанции, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ; металлургические предприятия, особенно цветной металлургии, которые выбрасывают в воздух окислы азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка; химические и цементные заводы. Вредные газы попадают в воздух в результате сжигания топлива для нужд промышленности, отопления жилищ, работы транспорта, сжигания и переработки бытовых и промышленных отходов.

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже - оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена, а также асбест. Еще большее разнообразие свойственно органической пыли, включающей алифатические и ароматические углеводороды, соли кислот. Она образуется при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и других подобных предприятиях. Постоянными источниками аэрозольного загрязнения являются промышленные отвалы - искусственные насыпи из переотложенного материала, преимущественно вскрышных пород, образуемых при добыче полезных ископаемых или же из отходов предприятий перерабатывающей промышленности, ТЭС. Источником пыли и ядовитых газов служат массовые взрывные работы. Так, в результате одного среднего по массе взрыва (1250-3000 тонн взрывчатых веществ) в атмосферу выбрасывается около 12 тыс. куб. м. условного оксида углерода и более 1150 т. пыли. Производство цемента и других строительных материалов также является источником загрязнения атмосферы пылью. Основные технологические процессы этих производств - измельчение и химическая обработка шихт, полуфабрикатов и получаемых продуктов в потоках горячих газов всегда сопровождается выбросами пыли и других вредных веществ в атмосферу. К атмосферным загрязнителям относятся углеводороды - насыщенные и ненасыщенные, включающие от 11 до 13 атомов углерода. Они подвергаются различным превращениям, окислению, полимеризации, взаимодействуя с другими атмосферными загрязнителями после возбуждения солнечной радиацией. В результате этих реакций образуются перекисные соединения, свободные радикалы, соединения углеводородов с оксидами азота и серы часто в виде аэрозольных частиц. При некоторых погодных условиях могут образовываться особо большие скопления вредных газообразных и аэрозольных примесей в приземном слое воздуха. Обычно это происходит в тех случаях, когда в слое воздуха непосредственно над источниками газопылевой эмиссии существует инверсия - расположения слоя более холодного воздуха под теплым, что препятствует воздушных масс и задерживает перенос примесей вверх. В результате вредные выбросы сосредотачиваются под слоем инверсии,

содержание их у земли резко возрастает, что становится одной из причин образования ранее неизвестного в природе фотохимического тумана.

Фотохимический туман представляет собой многокомпонентную смесь газов и аэрозольных частиц первичного и вторичного происхождения. В состав основных компонентов смога входят озон, оксиды азота и серы, многочисленные органические соединения перекисной природы, называемые в совокупности фотооксидантами.

Основными парниковыми газами, в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс Земли, являются водяной пар (36-70%), углекислый газ (9-26%), метан (4-9%), оксид азота. Угольные электростанции, заводские трубы, автомобильные выхлопы и другие созданные человечеством источники загрязнения вместе выбрасывают в атмосферу около 22 миллиардов тонн углекислого газа и других парниковых газов в год. Животноводство, применение удобрений, сжигание угля и другие источники дают около 250 миллионов тонн метана в год. Около половины всех парниковых газов, выброшенных человечеством, осталось в атмосфере. Около трёх четвертей всех антропогенных выбросов парниковых газов за последние двадцать лет вызваны использованием нефти, природного газа и угля (рис.6). Большая часть остального вызвана изменениями ландшафта, в первую очередь вырубкой лесов. Пока нельзя предсказать, сколько углекислого газа будет содержаться в атмосфере или какое именно воздействие он окажет на климат земного шара. Тем не менее, считается, что любое увеличение его содержания вызовет потепление, хотя вовсе не обязательно, что любое потепление существенно повлияет на климат. Концентрация углекислого газа в атмосфере, по результатам измерений, заметно увеличивается, хотя и небыстрыми темпами. Ведутся ожесточенные споры вокруг того, какое конкретно количество этих газов вызовет потепление климата и в какой степени, а также как скоро это произойдет. Даже когда изменение климата действительно происходит, в этом трудно быть стопроцентно уверенным. Мировые средние температуры могут сильно колебаться в пределах нескольких лет и десятилетий — причем по естественным причинам. Проблема в том, что считать средней температурой, и на основании каких критериев судить, действительно ли она изменилась в ту или другую сторону.

## **ТЕМА: Химия и организм человека.**

Все живые организмы на Земле, в том числе и человек, находятся в тесном контакте с окружающей средой. Пищевые продукты и питьевая вода способствуют поступлению в организм практически всех химических элементов. Они повседневно вводятся в организм и выводятся из него. Анализы показали, что количество отдельных химических элементов и их соотношение в здоровом организме различных людей примерно одинаковы.

Мнение о том, что в организме человека можно обнаружить практически все элементы периодической системы Д.И. Менделеева, становится привычным. Однако предположения ученых идут дальше – в живом организме не только присутствуют все химические элементы, но каждый из них выполняет какую-то биологическую функцию. Вполне возможно, что эта гипотеза не подтвердится. Однако по мере того как развиваются исследования в данном направлении, выявляется биологическая роль все большего числа химических элементов. Несомненно, время и труд ученых прольют свет и на этот вопрос.

### **Биоактивность отдельных химических элементов**

Экспериментально установлено, что в организме человека металлы составляют около 3% (по массе). Это очень много. Если принять массу человека за 70 кг, то на долю металлов приходится 2,1 кг. По отдельным металлам масса распределяется следующим образом: кальций (1700 г), калий (250 г), натрий (70 г), магний (42 г), железо (5 г), цинк (3 г). Остальное приходится на микроэлементы. Если концентрация элемента в организме превышает  $10^{-2}\%$ , то его считают макроэлементом. Микроэлементы находятся в организме в концентрациях  $10^{-3}...10^{-5}\%$ . Если концентрация элемента ниже  $10^{-5}\%$ , то его считают ультрамикроэлементом. Неорганические вещества в живом организме находятся в различных формах. Большинство ионов металлов образуют соединения с биологическими объектами. Уже сегодня установлено, что многие ферменты (биологические катализаторы) содержат ионы металлов. Например, марганец входит в состав 12 различных ферментов, железо – в 70, медь – в 30, а цинк – более чем в 100. Естественно, что недостаток этих элементов должен сказаться на содержании соответствующих ферментов, а значит, и на нормальном функционировании организма. Таким образом, соли металлов совершенно необходимы для нормального функционирования живых организмов. Это подтвердили и опыты по бессолевой диете, которая применялась для кормления подопытных животных. Для этой цели многократным промыванием водой из пищи удаляли соли. Оказалось, что питание такой пищей приводило к гибели животных.

Рассмотрим имеющуюся на сегодняшнее время информацию о химических элементах, которые входят в биологические системы и оказывают на них определенное влияние. Прежде всего нужно указать на шесть элементов, атомы которых входят в состав белков и нуклеиновых

кислот: углерод, водород, азот, кислород, фосфор, сера. Далее следует выделить двенадцать элементов, роль и значение которых для жизнедеятельности организмов известны: хлор, иод, натрий, калий, магний, кальций, марганец, железо, кобальт, медь, цинк, молибден. В литературе имеются указания на проявление биологической активности ванадием, хромом, никелем и кадмием. Таким образом, уже сейчас известно 22 биоэлемента. Во всех перечисленных случаях биологическая активность понимается как необходимость элемента для выполнения той или иной жизненно важной функции. Имеется большое число элементов, являющихся ядами для живого организма, например ртуть, таллий, свинец и др. Они оказывают неблагоприятное биологическое влияние, но без них организм может функционировать. Существует мнение, что причина действия этих ядов связана с блокированием определенных групп в молекулах протеинов или же с вытеснением из некоторых ферментов меди и цинка. Бывают элементы, которые в относительно больших количествах являются ядом, а в низких концентрациях оказывают полезное влияние на организм. Например, мышьяк является сильным ядом, нарушающим сердечно-сосудистую систему и поражающим печень и почки, но в небольших дозах он прописывается врачами для улучшения аппетита человека. Ученые считают, что микродозы мышьяка повышают устойчивость организма к действию вредных микробов. Широко известно сильное отравляющее вещество иприт  $S(CH_2CH_2Cl)_2$ . Однако в разбавленном в 20000 тыс. раз вазелином под названием «Псориазина» его применяют против чешуйчатого лишая. Современная фармакотерапия пока еще не может обойтись без значительного числа лекарственных средств, в состав которых входят токсичные металлы. Как здесь не вспомнить поговорку, что в малых количествах лечит, а в больших – калечит.

Интересно, что хлорид натрия (поваренная соль) в десятикратном избытке в организме по сравнению с нормальным содержанием является ядом. Кислород, необходимый человеку для дыхания, в высокой концентрации и особенно под давлением оказывает ядовитое действие. Из этих примеров видно, что концентрация элемента в организме иногда играет весьма существенное, а порой и катастрофическое значение.

Железо входит в состав гемоглобина крови, а точнее в красные пигменты крови, обратимо связывающие молекулярный кислород. У взрослого человека в крови содержится около 2,6 г железа. В процессе жизнедеятельности в организме происходит постоянный распад и синтез гемоглобина. Для восстановления железа, потерянного с распадом гемоглобина, человеку необходимо суточное поступление в организм около 25 мг. Недостаток железа в организме приводит к заболеванию – анемии. Однако избыток железа в организме тоже вреден. С ним связан сидероз глаз и легких – заболевание, вызываемое отложением соединений железа в тканях этих органов. Недостаток в организме меди вызывает деструкцию кровеносных сосудов. Кроме того, считают, что его дефицит служит причиной раковых заболеваний. В некоторых случаях поражение раком

легких у людей пожилого возраста врачи связывают с возрастным снижением меди в организме. Однако избыток меди приводит к нарушению психики и параличу некоторых органов (болезнь Вильсона). Для человека вред причиняют лишь большие количества соединений меди. В малых дозах они используются в медицине как вяжущее и бактериостатное (задерживающее рост и размножение бактерий) средство. Так, например, сульфат меди (II)  $\text{CuSO}_4$  используют при лечении конъюнктивитов в виде глазных капель (0,25%-ный раствор), а также для прижиганий при трахоме в виде глазных карандашей (сплав сульфата меди (II), нитрата калия, квасцов и камфоры). При ожогах кожи фосфором производят ее обильное смачивание 5%-ным раствором сульфата меди (II).

Давно замечено бактерицидное (вызывающее гибель различных бактерий) свойство серебра и его солей. Например, в медицине раствор коллоидного серебра (колларгол) применяют для промывания гнойных ран, мочевого пузыря при хронических циститах и уретритах, а также в виде глазных капель при гнойных конъюнктивитах и бленнорее. Нитрат серебра  $\text{AgNO}_3$  в виде карандашей применяют для прижигания бородавок, грануляций и т.п. В разбавленных растворах (0,1...0,25%-ные) его используют как вяжущее и противомикробное средство для примочек, а также в качестве глазных капель. Ученые считают, что прижигающее действие нитрата серебра связано с его взаимодействием с белками тканей, что приводит к образованию белковых солей серебра – альбуминатов.

В настоящее время бесспорно установлено, что всем живым организмам присуще явление ионной асимметрии – неравномерное распределение ионов внутри и вне клетки. Например, внутри клеток мышечных волокон, сердца, печени, почек имеется повышенное содержание ионов калия по сравнению с внеклеточным. Концентрация ионов натрия, наоборот, выше вне клетки, чем внутри нее. Наличие градиента концентраций калия и натрия – экспериментально установленный факт. Исследователей волнует загадка о природе калий-натриевого насоса и его функционирования. На разрешение этого вопроса направлены усилия многих коллективов ученых как в нашей стране, так и за рубежом. Интересно, что по мере старения организма градиент концентраций ионов калия и натрия на границе клетки падает. При наступлении смерти концентрация калия и натрия внутри и вне клетки сразу же выравнивается.

Биологическая функция ионов лития и рубидия в здоровом организме пока не ясна. Однако имеются сведения, что введением их в организм удается лечить одну из форм маниакально-депрессивного психоза.

Биологам и медикам хорошо известно, что важную роль в организме человека играют гликозиды. Некоторые природные гликозиды (извлекаемые из растений) активно действуют на сердечную мышцу, усиливая сократительные функции и замедление ритма сердца. При попадании в организм большого количества сердечного гликозида может произойти полная остановка сердца. Ионы некоторых металлов влияют на действие гликозидов. Например, при введении в кровь ионов магния действие

гликозидов на сердечную мышцу ослабляется. Ионы кальция, наоборот, усиливают действие сердечных гликозидов.

### **Наиболее известные яды**

Из истории и художественной литературы известно, что в прошлом в качестве ядов злоумышленники широко использовали мышьяк, сулему, цианистый калий. Нужно сразу отметить, что в организм человека яды могут попасть не только по злому умыслу, но и в процессе своей профессиональной деятельности при нарушении условий труда и техники безопасности. Как уже было сказано, в малых количествах даже самые страшные яды могут быть полезны человеку и потому применяются в медицине. Яды также используют для борьбы с грызунами, для протравы семян и т.д. Полностью отказаться от ядов пока человек не может. Поэтому полезно знать их опасность, симптомы отравления и меры первой помощи.

Мышьяк попадает в организм чаще всего не в элементной форме, а в виде соединений. Хроническое отравление (при поступлении в организм в малых дозах, но в течение длительного времени) проявляется в раздражении слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. Кроме того, появляется непроходящий насморк, кашель, конъюнктивит, кровохарканье, а в более тяжелых случаях присоединяются симптомы поражения центральной нервной системы. Соединения мышьяка оказывают раздражающее действие на кожу. При длительных действиях они могут вызвать образование злокачественных опухолей.

При остром отравлении, т.е. при попадании в желудок в большой дозе, появляется металлический привкус во рту, наблюдается затруднение глотания, вызывается рвота и проявляются сильные боли в животе с последующим поносом. При очень сильных отравлениях может развиваться паралитическая форма – судороги различных мышц, потеря сознания, паралич сосудодвигательного и дыхательного центров.

Все эти симптомы вызваны тем, что соединения мышьяка являются сильными капилляротоксическими ядами. Они вызывают увеличение проницаемости сосудистых стенок и паралич капилляров. Кроме того, при отравлениях мышьяком нарушаются обмен веществ и функция центральной и периферической нервной системы.

При оказании помощи в случаях отравления соединениями мышьяка проводят промывание желудка теплой водой и взвесью в воде оксида магния (магнезии), вводят антидоты (см. далее), немедленно и обязательно госпитализируют.

Следует отметить, что понос – частая реакция организма на отравление. С древних времен при отравлениях широко использовали лекарства, вызывающие рвоту, понос, усиленное мочеотделение, потоотделение, слюновыделение. Этими путями стремились вывести из организма ядовитые вещества.

Следует также отметить, что непосредственный контакт соединений мышьяка с тканями, в частности  $As_2O_3$ , приводит к их гибели без

предшествующего раздражения. Иными словами, гибель тканей протекает почти безболезненно. Это свойство соединений мышьяка и, в частности  $As_2O_3$ , используют в стоматологической практике для удаления нейронов (нервной ткани). Для этого на обнаженную пульпу зуба (ткань, содержащую нервы, кровеносные и лимфатические сосуды) наносят кусочек пасты величиной с булавочную головку. Содержащийся в ней  $As_2O_3$  диффундирует в пульпу и через 24...48 ч нерв погибает.

Соединения селена также ядовиты и по этим свойствам напоминают соединения мышьяка. Непроста в периодической системе Д.И. Менделеева эти два элемента находятся рядом.

Ртуть – при комнатных температурах легкоподвижная жидкость. Для металлов она относительно легко испаряется, а пары ртути чрезвычайно ядовиты. Поскольку ртуть содержится в медицинских термометрах, то с нею человек может столкнуться в домашних условиях. Разбитый термометр и вылившаяся, но не собранная ртуть может представить опасность для здоровья человека. Характерными признаками ртутного отравления является слюнотечение, своеобразное покраснение десен и размягчение зубов. Появляется тяжелое нервное расстройство: головная боль, нарушение пищеварения, дрожание рук и головы. При слабом отравлении появляется вялость, бессонница, ослабление памяти.

Восприимчивость к отравлению ртутью различных людей может весьма сильно отличаться. Некоторые люди испытывают симптомы отравления даже от металлических зубных пломб, состоящих из амальгамированной меди.

Некоторые соединения ртути также чрезвычайно ядовиты. Известно, что ионы ртути (II) способны прочно соединяться с белками. Ядовитое действие хлорида ртути (II)  $HgCl_2$  (сулемы) проявляется прежде всего в некрозе (омертвлении) почек и слизистой оболочки кишечника. В результате ртутного отравления почки теряют способность выделять из крови продукты жизнедеятельности организма.

Интересно, что хлорид ртути (I)  $Hg_2Cl_2$  (древнее название каломель) безвреден для организма человека. Вероятно, это объясняется чрезвычайно низкой растворимостью соли, в результате чего ионы ртути не попадают в заметных количествах в организм.

При хроническом отравлении ртутью и ее соединениями проявляются нервные нарушения, бывает повышенная психическая возбудимость, вегетативные сдвиги, проявляющиеся в непроизвольном движении мышц лица с его покраснением. Отравление проявляется в потливости и красном дермографизме (при слабом нанесении штриха на коже появляется красная полоса). При хроническом отравлении появляется так называемый ртутный тремор – вначале мелкое дрожание пальцев рук, затем резкое усиление, дрожание всего тела, непроизвольные движения.

При остром отравлении появляется повышение температуры, озноб, воспаление дыхательных путей и легких; наблюдается слюнотечение, набухание и слюноточивость десен. Все это сопровождается потерей

аппетита, тошнотой, рвотой, болями в животе, кровавистым поносом, головными болями, расстройством речи, изменением походки.

Лечение при отравлении ртутью включает покой, прием антидотов и витаминов. Рекомендуют принимать яичный белок и молоко. Содержащиеся в этих продуктах белки связывают ртуть, локализуют ее в полости желудка, а затем выводят из организма.

Цианистый калий (цианид калия) KCN – соль синильной кислоты HCN. Оба соединения являются быстродействующими и сильными ядами. Ядовитые свойства синильной кислоты начали использовать задолго до того, как она была идентифицирована и выделена в чистом виде. Отметим, что в небольших количествах синильная кислота часто встречается в растительном мире. Наиболее известен в этом отношении горький миндаль.

Свинец и его соединения являются довольно сильными ядами. Подумать страшно, что еще в начале текущего столетия водопроводные трубы в городах изготавливали из свинца. Затем их постепенно заменяли железными. В Санкт-Петербурге замена свинцовых труб в старых домах была завершена лишь в 50-х годах текущего столетия.

В организме человека свинец накапливается в костях, печени и почках. Ученые считают, что свинец является синергистом (от греч. synergos – вместе действующий) и способствует увеличению токсичности других металлов.

Углекислый газ в больших количествах содержится в организме человека и потому не может быть ядовитым. За 1 ч взрослый человек выдыхает примерно 20 л (около 40 г) этого газа. При физической работе количество выдыхаемого углекислого газа увеличивается до 35 л. Он образуется в результате сгорания в организме углеводов и жиров. Однако при большом содержании CO<sub>2</sub> в воздухе наступает удушье из-за недостатка кислорода. Максимальная продолжительность пребывания человека в помещении с концентрацией CO<sub>2</sub> до 20% (по объему) не должна превышать 2 ч. В Италии имеется получившая широкую известность пещера («Собачья пещера»), в которой человек стоя может находиться длительное время, а забежавшая туда собака задыхается и гибнет. Дело в том, что примерно до пояса человека пещера заполнена тяжелым (по сравнению с азотом и кислородом) углекислым газом. Поскольку голова человека находится в воздушном слое, то он не ощущает никаких неудобств. Собака же при ее росте оказывается в атмосфере углекислого газа и потому задыхается.

## ТЕМА: Общие представления о жизни.

Проблема жизни и живого является объектом исследования многих естественных дисциплин, начиная с биологии и завершая философией, математикой, рассматривающих абстрактные модели феномена живого, а также физикой, определяющей жизнь с позиций физических закономерностей.

Вокруг этой главной проблемы концентрируются все другие более частные проблемы и вопросы, а также строятся философские обобщения и выводы.

В соответствии с двумя мировоззренческими позициями — материалистической и идеалистической — еще в древней философии сложились противоположные концепции происхождения жизни: **креационизм и материалистическая теория происхождения** органической природы из неорганической.

Сторонники **креационизма** утверждают, что жизнь возникла в результате акта божественного творения, свидетельством чего является наличие в живых организмах особой силы, управляющей всеми биологическими процессами.

Сторонники происхождения жизни из неживой природы утверждают, что органическая природа возникла благодаря действию естественных законов. Позднее эта концепция была конкретизирована в идее самозарождения жизни.

**Концепция самозарождения**, несмотря на ошибочность, сыграла позитивную роль; опыты, призванные ее подтвердить, представили богатый эмпирический материал для развивающейся биологической науки. Окончательный отказ от идеи самозарождения произошел только в XIX в.

В XIX в. также была выдвинута **гипотеза вечного существования жизни** и ее космического происхождения на Земле. Было высказано предположение, что жизнь существует в космосе и переносится с одной планеты на другую.

В начале XX в. идею **космического происхождения** биологических систем на Земле (**панспермия**) и вечности существования жизни в космосе развивал русский ученый академик **В.И. Вернадский**.

Принципиально новая гипотеза происхождения жизни была изложена академиком **А.И. Опариным** в книге «**Происхождение жизни**», опубликованной в 1924 г. Он выступил с утверждением, что **принцип Реди**, вводящий монополию биотического синтеза органических веществ, справедлив лишь для современной эпохи существования нашей планеты. В начале же своего существования, когда Земля была безжизненной, на ней происходили абиотические синтезы углеродистых соединений и их последующая предбиологическая эволюция.

**Суть гипотезы Опарина** заключается в следующем: зарождение жизни на Земле — длительный эволюционный процесс становления живой материи в недрах неживой. Произошло это путем химической эволюции, в результате

которой простейшие органические вещества образовались из неорганических под влиянием сильнодействующих физико-химических процессов.

Появление жизни он рассматривал как единый естественный процесс, который состоял из протекавшей в условиях ранней Земли первоначальной химической эволюции, перешедшей постепенно на качественно новый уровень — биохимическую эволюцию.

Рассматривая проблему возникновения жизни путем биохимической эволюции, Опарин выделяет три этапа перехода от неживой материи к живой.

**Первый этап — химическая эволюция.** Когда Земля была еще безжизненной (около 4 млрд лет назад), на ней происходили абиотический синтез углеродистых соединений и их последующая **предбиологическая эволюция**.

Для этого периода эволюции Земли были характерны многочисленные вулканические извержения с выбросом огромного количества раскаленной лавы. По мере остывания планеты водяные пары, находившиеся в атмосфере, конденсировались и обрушивались на Землю ливнями, образуя огромные водные пространства (первичный океан). Эти процессы продолжались многие миллионы лет. В водах первичного океана были растворены различные неорганические соли. Кроме того, в океан попадали и различные органические соединения, непрерывно образующиеся в атмосфере под действием ультрафиолетового излучения, высокой температуры и активной вулканической деятельности.

Концентрация органических соединений постоянно увеличивалась, и, в конце концов, воды океана стали «**бульоном**» из белковоподобных веществ — пептидов.

**Второй этап — появление белковых веществ.** По мере смягчения условий на Земле, под воздействием на химические смеси первичного океана электрических разрядов, тепловой энергии и ультрафиолетовых лучей стало возможным образование сложных органических соединений — биополимеров и нуклеотидов, которые, постепенно объединяясь и усложняясь, превращались в **протобионтов** (доклеточных предков живых организмов). Итогом эволюции сложных органических веществ стало появление **коацерватов**, или коацерватных капель.

**Коацерваты** — комплексы коллоидных частиц, раствор которых разделяется на два слоя: слой, богатый коллоидными частицами, и жидкость, почти свободную от них. Коацерваты обладали способностью поглощать различные вещества, растворенные в водах первичного океана. В результате внутреннее строение коацерватов менялось в сторону повышения их устойчивости в постоянно меняющихся условиях.

Теория биохимической эволюции рассматривает коацерваты как предбиологические системы, представляющие собой группы молекул, окруженные водной оболочкой.

Так, например, коацерваты способны поглощать вещества из окружающей среды, вступать во взаимодействие друг с другом,

увеличиваться в размерах и т.д. Однако в отличие от живых существ коацерватные капли не способны к самовоспроизводству и саморегулированию, поэтому их нельзя отнести к биологическим системам.

**Третий этап — формирование способности к самовоспроизводству, появление живой клетки.** В этот период начал действовать естественный отбор, т.е. в массе коацерватных капель происходил отбор коацерватов, наиболее устойчивых к данным условиям среды. Процесс отбора шел в течение многих миллионов лет. Сохранившиеся коацерватные капли уже обладали способностью к первичному метаболизму — главному свойству жизни.

В современной науке принята гипотеза абиогенного (небиологического) происхождения жизни под действием естественных причин в результате длительного процесса космической, геологической и химической эволюции — абиогенеза, основой которой явилась гипотеза академика А. И. Опарина. Абиогенезная концепция не исключает возможности существования жизни в космосе и ее космического происхождения на Земле.

Однако, исходя из современных достижений науки, к гипотезе А.И. Опарина напрашиваются следующие уточнения.

Жизнь не могла возникнуть на поверхности (или около нее) воды Океана, поскольку в те далекие времена Луна находилась много ближе к Земле, чем в настоящее время. Приливные волны должны были быть огромной высоты, большой разрушительной силы. Протобионты в этих условиях просто не могли образоваться.

Из-за отсутствия озонового слоя под воздействие жесткого ультрафиолетового излучения протобионты так же не могли существовать. Это говорит о том, что жизнь могла появиться только в толще воды.

Из-за особых условий жизнь могла появиться только в воде первичного Океана, но не на поверхности, а на дне в тонких пленках органического вещества, адсорбированного поверхностями кристаллов пирита и апатитов, видимо, около геотермальных источников. Поскольку, установлено, что органические соединения образуются в продуктах извержения вулканов, а вулканическая деятельность под Океаном в древности была весьма активной. Растворенного кислорода в древнем Океане, способного окислить органические соединения, не было.

Сегодня считается, что протобионты представляли собой молекулы РНК, но не ДНК, так как доказано, что процесс эволюции шел от РНК к белку, а затем к образованию молекулы ДНК, у которой С-Н связи были более прочными, чем С-ОН связи у РНК. Однако понятно, что молекулы РНК не могли возникнуть в результате плавного эволюционного развития. Вероятно, имел место скачек со всеми чертами самоорганизации вещества, механизм которого к настоящему времени не ясен.

Первичная биосфера в толще воды, вероятно, была представлена богатым функциональным разнообразием. И первое появление жизни должно было произойти не в виде какого-то одного вида организма, а в совокупности организмов. **Сразу должны были появиться многие**

**первичные биоценозы. Они состояли из простейших одноклеточных организмов, способных выполнять все без исключения функции живого вещества в биосфере.**

Эти простейшие организмы были гетеротрофами (питались готовыми органическими соединениями), были прокариотами (организмами без ядра), были анаэробами (использовали дрожжевое брожение как источник энергии).

Из-за особых свойств углерода жизнь появилась именно на этой основе. Однако никакие современные данные не противоречат вероятности появления жизни не только на углеродной основе.

### **Система органического мира и ее основные систематические категории (классификация). Вид, его критерии.**

*Предметом изучения систематики является описание, наименование, классификация и построение эволюционной, или филогенетической, системы органического мира.*

**Одной из главных задач** - приведение в систему удивительного разнообразия одно- и многоклеточных организмов с использованием наиболее полных и всеобъемлющих сведений о вымерших и ныне существующих бактериях, грибах, растениях и животных. При этом речь идет о создании филогенетической системы, которая должна быть генеалогической, т. е. отображающей родственные связи между таксонами различного ранга и эволюцию органического мира.

Для решения этих сложных вопросов систематика развивается в тесной связи с другими биологическими науками, особенно с эволюционной морфологией, цитологией, генетикой, биохимией, экологией, биогеографией, все шире использует математические методы обработки материала.

**Система классификации живых организмов основана на** выделении определенных, соподчиненных друг другу систематических категорий — видов, родов, семейств, порядков (отрядов — для животных), классов, отделов (типов — для животных), царств. Существуют и промежуточные таксономические единицы — подцарство, подотдел (подтип), надкласс, подкласс, подсемейство, подрод, секция и др. В пределах вида различают подвиды, разновидности, формы и т.д.

Для обозначения систематических единиц любого уровня принят термин «таксон». **Например**, хордовые, млекопитающие, собака домашняя представляют собой таксоны различного ранга, в данном конкретном случае — тип, класс и вид соответственно.

Основной таксономической категорией является **вид**. Для обозначения вида существует бинарная номенклатура на латинском языке, предложенная шведским ученым К. Линнеем в 1753 г. Согласно ей вид имеет латинское название, составленное из двух слов. Первое слово — имя существительное, пишется с большой буквы. Это название рода, к которому относится вид. Второе слово — видовой эпитет, как правило, имя прилагательное. Например, *Viola tricolor* L. — фиалка трехцветная, *Viola mirabilis* L. — фиалка удивительная. Рядом с латинским названием организма в научной литературе обязательно указывают сокращенно фамилию ученого, впервые назвавшего или описавшего данный вид. Буква L., стоящая справа от видового названия приведенных выше растений, указывает на то, что это название дано Линнеем.

Подобно тому, как родственные **виды объединены в роды**, так и близкие **роды объединяются в семейства**. Семейство определяют как систематическую категорию, включающую один род либо группу близких родов, имеющих общее происхождение и четко выраженные отличия от других семейств. **Семейства с тесными эволюционными связями объединяются в порядки (отряды), порядки (отряды) — в классы, классы — в отделы (типы)**. Последние различаются наиболее существенными особенностями в

организации и структуре входящих в них организмов и соответствуют главным направлениям эволюции.

**Отделы (типы) группируются в подцарства, царства и над-царства.** Эта система таксономических категорий отражает преемственность и ступени эволюции органического мира. Зная месторасположение организмов в такой системе, можно достаточно четко ориентироваться в его уровне организации, морфологических, анатомических, физиолого-биохимических и других особенностях.

## **ТЕМА: Изменчивость.**

### **Наследственная и ненаследственная изменчивость.**

#### **Причины наследственных изменений.**

Изменчивость - разнообразие признаков среди представителей данного вида, а также свойство потомков приобретать отличия от родительских форм.

С генетической точки зрения изменчивость представляет собой результат реакции генотипа в процессе индивидуального развития организма на условия внешней среды.

Изменчивость организмов является одним из главных факторов эволюции. Она служит источником для искусственного и естественного отборов.

Существует два основных вида изменчивости:

- ненаследственная
- наследственная.

**Ненаследственная (фенотипическая или модификационная) изменчивость** — это процесс появления новых признаков под влиянием факторов внешней среды, не затрагивающих генотип. В качестве примера можно привести дуб, листья которого в процессе развития приобрели разную площадь в зависимости от освещенности (маленькую — при яркой освещенности, большую — при слабой).

**Наследственная изменчивость** связана с изменениями генотипа; признаки и свойства, приобретенные вследствие этого, передаются следующим поколениям. Существует два типа наследственной изменчивости — **комбинативная и мутационная.**

Наследственную изменчивость, обусловленную комбинацией и рекомбинацией генов, принято называть **комбинативной изменчивостью.** При данном типе изменчивости сами гены не изменяются, изменяются их сочетание и характер взаимодействия в системе генотипа. Однако данный тип наследственной изменчивости следует рассматривать как вторичное явление, а первичным следует считать мутационное изменение гена.

Источником для естественного отбора являются наследственные изменения — **как мутации генов**, так и их рекомбинации.

**Модификационная изменчивость** играет ограниченную роль в органической эволюции. Так, если взять вегетативные побеги от одного и того же растения, например земляники, и выращивать их в различных условиях влажности, температуры, освещенности, на разных почвах, то несмотря на одинаковый генотип, они окажутся различными. Действием разных экстремальных факторов у них можно вызвать еще большие различия. Однако семена, собранные с таких растений и высеянные в одинаковых условиях, дадут однотипное потомство, если не в первом, то в последующих поколениях. Изменения признаков организма, вызванные действием факторов среды в онтогенезе, исчезают со смертью организма.

Способность к изменениям такого рода, ограниченная пределами нормы реакции генотипа организма, имеет важное эволюционное значение. Как показали А. П. Владимирский в 20-х годах, В. С. Кирпичников и И. И. Шмальгаузен в 30-х годах, в том случае, когда модификационные изменения приспособительного значения возникают при постоянно действующих в ряду поколений факторах среды, которые способны вызывать мутации, определяющие такие же изменения, может создаться впечатление наследственного закрепления модификаций.

**Мутационные изменения** обязательно связаны с реорганизацией воспроизводящихся структур половых и соматических клеток. Коренное отличие мутаций от модификаций сводится к тому, что мутации могут точно воспроизводиться в длительном ряду клеточных поколений, независимо от условия среды, в которой осуществляется онтогенез. Это объясняется тем, что возникновение мутаций связано с изменением уникальных структур клетки — хромосоме.

По вопросу о роли изменчивости в эволюции шла длительная дискуссия в биологии в связи с проблемой наследования так называемых благоприобретенных признаков, выдвинутой Ж. Ламарком в 1809 г., отчасти принятой Ч. Дарвиным и поддерживаемой еще до сих пор рядом биологов. Но абсолютное большинство ученых саму постановку данной проблемы считало ненаучной. При этом необходимо сказать, что представление о том, будто наследственные изменения в организме возникают адекватно действию фактора среды, совершенно абсурдно.

**Мутации происходят** в самых различных направлениях; они не могут быть приспособительными для самого организма, поскольку возникают в единичных клетках и их действие реализуется только в потомстве. Не фактор, вызвавший мутацию, а только отбор оценивает приспособительное

знание мутации. Поскольку направление и темп эволюции определяются естественным отбором, а последний контролируется многими факторами внутренней и внешней среды, создается ложное представление об изначальной адекватной целесообразности наследственной изменчивости.

Отбор на основе единичных мутаций «конструирует» системы генотипов, отвечающих требованиям тех постоянно действующих условий, в которых существует вид.

Термин «**мутация**» впервые был предложен Г. де Фризом в его классическом труде «Мутационная теория» (1901 —1903гг.). Мутацией он назвал явление скачкообразного, прерывного изменения наследственного признака. Основные положения теории де Фриза до сих пор не утратили своего значения, и поэтому их следует здесь привести:

1. мутация возникает внезапно, без всяких переходов;
2. новые формы вполне константны, т. е. устойчивы;
3. мутации в отличие от ненаследственных изменений (флуктуаций) не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг среднего типа (моды). Мутации являются качественными изменениями;
4. мутации идут в разных направлениях, они могут быть как полезными, так и вредными;
5. выявление мутаций зависит от количества особей, проанализированных для обнаружения мутаций;
6. одни и те же мутации могут возникать повторно.

Однако Г. де Фриз допустил принципиальную ошибку, противопоставив теорию мутаций теории естественного отбора. Он неправильно считал, что мутации могут сразу давать новые виды, приспособленные к внешней среде, без участия отбора. На самом деле мутации являются лишь источником наследственных изменений, служащих материалом для отбора. Как мы убедимся дальше, мутация гена оценивается отбором только в системе генотипа. Ошибка Г. де Фриза связана, отчасти с тем, что изучавшиеся им мутации у энотеры (*Oenothera lamarckiana*) впоследствии оказались результатом расщепления сложного гибрида.

Но нельзя не восхищаться тем научным предвидением, которое сделал Г. де Фриз в отношении формулирования основных положений мутационной теории и ее значения для селекции. Еще в 1901 г. он писал: «...мутация, само мутирование должно стать объектом исследования. И если нам когда-нибудь удастся выяснить законы мутирования, то не только наш взгляд на взаимное родство живущих ныне организмов станет гораздо глубже, но мы смеем также надеяться, что должна открыться возможность так же хорошо владеть мутабельностью, как селекционер господствует над изменяемостью,

вариабильностью. Конечно, к этому мы придем постепенно, овладевая отдельными мутациями, и это также принесет много пользы сельскохозяйственной и садовой практике. Многое, что кажется теперь недостижимым, окажется в нашей власти, если только нам удастся познать законы, на которых основывается мутирование видов. Очевидно, здесь нас ждет необозримое поле настойчивой работы высокого значения как для науки, так и для практики. Это многообещающая область господства над мутациями». Как мы убедимся дальше, современное естествознание стоит на пороге познания механизма мутации генов.

Теория мутаций могла развиваться только после открытия законов Менделя и установленных в опытах школы Моргана закономерностей сцепления генов и их рекомбинации в результате кроссинговера. Только с момента установления наследственной дискретности хромосом, теория мутаций получила базу для научного исследования.

Хотя в настоящее время вопрос о природе гена выяснен не окончательно, тем не менее прочно установлен ряд общих закономерностей мутирования гена.

**Мутации генов возникают у всех классов** и типов животных, высших и низших растений, многоклеточных и одноклеточных организмов, у бактерий и вирусов. Мутационная изменчивость как процесс качественных скачкообразных изменений является всеобщей для всех органических форм.

**Чисто условно мутационный процесс делят на спонтанный и индуцированный.** В тех случаях, когда мутации возникают под влиянием обычных природных факторов внешней среды или в результате физиологических и биохимических изменений в самом организме, их относят **к спонтанным мутациям.** Мутации, возникающие под влиянием специальных воздействий (ионизирующей радиации, химических веществ, экстремальных условий и т. д.), **называют индуцированными.** Принципиальных различий между спонтанными и индуцированными мутациями нет, но изучение последних подводит биологов к овладению наследственной изменчивостью и разгадке тайны гена.

## ТЕМА: Экосистема и ее свойства

Экология рассматривает взаимодействие живых организмов и неживой природы. Это взаимодействие происходит в рамках определенной системы (экологической системы, экосистемы) и подчинено законам.

**Экосистемой называют** совокупность продуцентов, консументов и детритофагов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой посредством обмена веществом, энергией и информацией таким образом, что эта единая система сохраняет устойчивость в течение продолжительного времени.

Таким образом, для естественной экосистемы **характерны три признака:**

- 1) экосистема обязательно представляет собой совокупность живых и неживых компонентов;
- 2) в рамках экосистемы осуществляется полный цикл, начиная с создания органического вещества и заканчивая его разложением на неорганические составляющие;
- 3) экосистема сохраняет устойчивость в течение некоторого времени, что обеспечивается определенной структурой биотических и абиотических компонентов.

**Примерами** природных экосистем являются озеро, лес, пустыня, тундра, суша, океан, биосфера.

Как видно из примеров, более простые экосистемы входят в более сложно организованные.

**Таким образом,** устройство природы следует рассматривать как системное целое, состоящее из вложенных одна в другую экосистем, высшей из которых является уникальная глобальная экосистема - биосфера. В ее рамках происходит обмен энергией и веществом между всеми живыми и неживыми составляющими в масштабах планеты. **НАПРИМЕР:** *Грозящая всему человечеству катастрофа состоит в том, что нарушен один из признаков, которым должна обладать экосистема: биосфера как экосистема деятельностью человека выведена из состояния устойчивости. В силу своих масштабов и многообразия взаимосвязей она не должна от этого погибнуть, она перейдет в новое устойчивое состояние, изменив при этом свою структуру, прежде всего неживую, а вслед за ней неизбежно и живую. Человек как биологический вид меньше других имеет шанс приспособиться к новым быстро изменяющимся внешним условиям и скорее всего исчезнет первым. Поучительным и наглядным тому примером является история острова Пасхи.*

*На одном из полинезийских островов, носящем название острова Пасхи, в результате сложных миграционных процессов в VII веке возникла замкнутая изолированная от всего мира цивилизация. В благоприятном субтропическом климате она за сотни лет существования достигла известных высот развития, создав самобытную культуру и письменность,*

до наших дней не поддающуюся расшифровке. А в XVII веке она без остатка погибла, уничтожив вначале растительный и животный мир острова, а затем погубив себя в прогрессирующей дикости и каннибализме. У последних островитян не осталось уже воли и материала, чтобы построить спасительные "ноевы ковчеги" - лодки или плоты. В память о себе исчезнувшее сообщество оставило полупустынный остров с гигантскими каменными фигурами - свидетелями былого могущества.

Итак, экосистема является важнейшей структурной единицей устройства окружающего мира.

Экосистема основана на единстве живого и неживого вещества. Суть этого единства проявляется в следующем. Из элементов неживой природы, главным образом молекул CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, под воздействием энергии солнца синтезируются органические вещества, составляющие все живое на планете. Процесс создания органического вещества в природе происходит одновременно с противоположным процессом - потреблением и разложением этого вещества вновь на исходные неорганические соединения. Совокупность этих процессов протекает в рамках экосистем различных уровней иерархии. Чтобы эти процессы были уравновешены природа за миллиарды лет отработала определенную структуру живого вещества системы.

Движущей силой в любой материальной системе служит энергия. В экосистеме она поступает главным образом от Солнца. Растения за счет содержащегося в них пигмента хлорофилла улавливают энергию излучения Солнца и используют ее для синтеза основы любого органического вещества - глюкозы C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>.

Из глюкозы вместе с получаемыми из почвы минеральными элементами питания - биогенами - образуются все ткани растительного мира - белки, углеводы, жиры, липиды, ДНК, РНК, то есть органическое вещество планеты.

Кроме растений продуцировать органическое вещество могут некоторые бактерии. Они создают свои ткани, запасая в них, как и растения, потенциальную энергию из углекислого газа без участия солнечной энергии. Вместо нее они используют энергию, которая образуется при окислении неорганических соединений, например, аммиака, железа и особенно серы (в глубоких океанических впадинах, куда не проникает солнечный свет, но где в изобилии скапливается сероводород, обнаружены уникальные экосистемы). Это так называемая энергия химического синтеза, поэтому организмы называются хемосинтетиками.

Таким образом, растения и хемосинтетики создают органическое вещество из неорганических составляющих с помощью энергии окружающей среды. Их называют **продуцентами** или **автотрофами**. Высвобождение запасенной продуцентами потенциальной энергии обеспечивает существование всех остальных видов живого на планете. Виды, потребляющие созданную продуцентами органику как источник

вещества и энергии для своей жизнедеятельности, называются **консументами или гетеротрофами**.

**Консументы** - это самые разнообразные организмы (от микроорганизмов до синих китов): простейшие, насекомые, пресмыкающиеся, рыбы, птицы и, наконец, млекопитающие, включая человека.

Консументы, в свою очередь, **подразделяются на ряд подгрупп** в соответствии с различиями в источниках их питания.

Животные, питающиеся непосредственно продуцентами, называются **первичными консументами или консументами первого порядка**. Их самих употребляют в пищу **вторичные консументы**. Например, кролик, питающийся морковкой, - это консумент первого порядка, а лиса, охотящаяся за кроликом, - консумент второго порядка. Некоторые виды живых организмов соответствуют нескольким таким уровням. Например, когда человек ест овощи - он консумент первого порядка, говядину - консумент второго порядка, а употребляя в пищу хищную рыбу, выступает в роли консумента третьего порядка.

Первичные консументы, питающиеся только растениями, называются растительноядными или фитофагами. Консументы второго и более высоких порядков - плотоядные. Виды, употребляющие в пищу как растения, так и животных, относятся к всеядным, например, человек.

Мертвые растительные и животные остатки, например опавшие листья, трупы животных, продукты систем выделения, называются **детритом**. Это органика!

Существует множество организмов, специализирующихся на питании детритом. Они называются **детритофагами**. Примером могут служить грифы, шакалы, черви, раки, термиты, муравьи и т.п. Как и в случае обычных консументов, **различают первичных детритофагов**, питающихся непосредственно детритом, вторичных и т.п.

Наконец, значительная часть детрита в экосистеме, в частности опавшие листья, валежная древесина, в своем исходном виде не поедается животными, а гниет и разлагается в процессе питания ими грибов и бактерий. Поскольку роль грибов и бактерий столь специфична, их обычно выделяют в особую группу детритофагов и называют **редуцентами**. Редуценты служат на Земле санитарами и замыкают биогеохимический круговорот веществ, разлагая органику на исходные неорганические составляющие - углекислый газ и воду.

Таким образом, несмотря на многообразие экосистем, все они обладают структурным сходством. В каждой из них можно выделить фотосинтезирующие растения - продуценты, различные уровни консументов, детритофагов и редуцентов. Они и составляют биотическую структуру экосистем.

Напомним, что экосистема - это совокупность живых организмов, обменивающихся непрерывно энергией, веществом и информацией друг с

другом и с окружающей средой. Рассмотрим сначала процесс обмена энергией.

Энергию определяют как способность производить работу. Свойства энергии описываются законами термодинамики.

Таким образом, любая живая система, в том числе и экосистема, поддерживает свою жизнедеятельность благодаря, во-первых, наличию в окружающей среде в избытке даровой энергии (энергия Солнца); во-вторых, способности за счет устройства составляющих ее компонентов эту энергию улавливать и концентрировать, а используя - рассеивать в окружающую среду.

Энергия необходима:

- 1) на поддержание жизни, т.е. основной обмен;
- 2) на перемещение в пространстве;
- 3) на обеспечение роста;
- 4) на формирование элементов, необходимых для размножения, и образование углеводных и жировых запасов.

Итак, жизнь в экосистеме поддерживается благодаря непрерывающемуся прохождению через живое вещество энергии, передаваемой от одного трофического уровня к другому; при этом происходит постоянное превращение энергии из одних форм в другие. Кроме того, при превращениях энергии часть ее теряется в виде тепла.

Скорость образования органического вещества называют продуктивностью. **Различают первичную и вторичную продуктивность.**

**Под первичной продукцией** сообщества понимается образование биомассы продуцентами без исключения энергии, затраченной на дыхание за единицу времени на единицу площади (например, в сутки на гектар).

Первичную продукцию сообщества разделяют **на валовую первичную** продукцию, то есть всю продукцию фотосинтеза без затрат на дыхание, и **чистую первичную продукцию**, являющуюся разницей между валовой первичной продукцией и затратами на дыхание.

**Вторичная продуктивность сообщества** — скорость накопления энергии на уровне консументов. Вторичную продукцию не подразделяют на валовую и чистую, так как консументы только потребляют энергию, усвоенную продуцентами, часть её не ассимилируется, часть идёт на дыхание, а остаток идёт в биомассу, поэтому более корректно называть её вторичной ассимиляцией.

**Пищевой цепью** называют ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и в свою очередь оказываются съеденными теми, кто следует за ними.

Существуют два типа **пищевых цепей**: одни начинаются живыми растениями автотрофами, которыми питаются травоядные животные; другие начинаются неживыми и более или менее разложившимися веществами растительного или животного происхождения, потребляемые детритоядными формами.

1. В случае, если цепь начинается с живых растений, можно выделить следующие категории: продуценты (растения), первичные консументы (травоядные животные), вторичные консументы, третичные консументы и деструкторы.

Среди цепей, начинающихся с животных, можно выделить цепи хищников и цепи паразитов.

Трава → кролик → лисица

Трава → травоядное млекопитающее → блохи → жгутиковые одноклеточные

2. В целом ряде случаев цепи начинаются с неживых органических веществ, когда консументами оказываются детритоядные организмы. Это могут быть мелкие животные, преимущественно многочисленные беспозвоночные (черви), которые живут в почве, питаясь опавшей листвой, или же бактерии и грибы, разлагающие органические вещества.

Организмы считаются принадлежащими к одному трофическому уровню в том случае, когда в цепи питания они отделены от растительности равным числом звеньев. **Зеленые растения составляют первый трофический уровень.**

Трофическую структуру экосистемы можно описать, пользуясь данными по численности особей, биомассы или энергии. Эту структуру можно изобразить также графически с помощью экологических пирамид. **ДОДЕЛАТЬ!!!!**

Если представить пищевую цепь хищников в виде расположенных один на другом прямоугольников равной высоты, длина которых пропорциональна числу особей в каждом трофическом уровне, то получается фигура, называемая пирамидой чисел. Она тем выше, чем большее число трофических уровней включает данная цепь. Поскольку число особей от первого к последнему трофическому уровню обычно уменьшается, пирамида имеет вид треугольника, обращенного вершиной вверх.

В пирамиде биомасс для каждого трофического уровня указывают биомассу соответствующих организмов.

Пирамиды энергии являются наилучшим способом графического изображения структуры экосистемы. Каждый трофический уровень изображается прямоугольником, длина которого пропорциональна количеству энергии, накопленной в этом уровне единицей площади (или объема) в единицу времени.

Трофические сети отображают совокупность всех трофических связей, которые имеются в той или иной экосистеме.

б. Биогеохимические циклы. Важную роль при переносе материи в экосистемах играет существование постоянных циклов элементов. Последние существенно отличаются от преобразованной энергии, которая в конце концов деградирует в виде тепла и никогда не используется снова.

Для синтеза протоплазмы живым организмам необходимо примерно 40 элементов, из которых самыми важными являются углерод, азот, водород, кислород, фосфор и сера.

Круговорот углерода. Единственным источником углерода для растений служит углекислота, входящая в состав атмосферы или находящаяся в растворенном состоянии в воде. В процессе фотосинтеза углекислота превращается в органические вещества (углеводы, белковые вещества, липиды), служащие пищей животным. Дыхание, брожение и сгорание топлива возвращает углекислоту в атмосферу.

Круговорот азота. Источником азота служит азот атмосферы и азот, содержащийся в трупях. Свободный азот могут использовать лишь немногие организмы – фиксаторы азота – бактерии, живущие в клубеньках бобовых, и некоторые сине-зеленые водоросли. Белковые вещества трупов благодаря деятельности бактерий превращаются в аммонийные соединения, а также нитриты и нитраты. Эти вещества служат источником азота для зеленых растений.

Круговорот фосфора. Основные запасы фосфора содержат различные горные породы, которые постепенно отдают свои фосфаты наземным экосистемам. Фосфаты потребляются растениями и используются ими для синтеза органических соединений. При разложении трупов животных бактериями фосфаты возвращаются в почву и затем снова используются растениями.

Круговорот воды. В средних широтах растения способны задерживать до 25% воды, выпадающей в виде осадков. Остальная вода впитывается в почву или стекает по ее поверхности. Благодаря испарению часть ее возвращается в атмосферу.

7. Динамика экосистем. Одно из основных свойств экосистем – это их динамизм. Наблюдения за заброшенным полем показывают, что его последовательно завоевывают сначала многолетние травы, затем кустарники и, наконец, древесная растительность. Понятие сукцессии известно давно, но более детальное изучение этого явления и большая часть терминов, используемых при описании биоценозов, связаны с именем Клементса.

Основными факторами, влияющими на развитие экосистем, являются: климатические (изменения, произошедшие в четвертичный период во время межледниковых и ледниковых периодов), геологические (эрозия, горообразование, вулканизм), эдафические (развитие почв), биологические (межвидовая конкуренция), деятельность человека (пожары, вырубки, интродукция новых видов животных и растений).

Сукцессии бывают первичными и вторичными.

Первичными сукцессиями называют освоение живыми организмами тех станций, которые никогда прежде не были заселены, т.е., иными словами, пустых мест. Впервые поселяющиеся в них организмы именуют пионерами. Конечным этапом эволюции экосистемы является стабильный биоценоз, находящийся в равновесии со средой. Этот этап называется климаксовым.

Вторичные сукцессии появляются в станциях, которые уже были заселены, но лишились своих обитателей в результате климатических (оледенения, пожары) или геологических (эрозия) явлений, а также из-за вторжения человека (распашка полей).

Говоря об устойчивости экосистем, или их стабильности, мы должны отметить, что существуют два типа стабильности: резистентная устойчивость (способность оставаться в устойчивом состоянии под нагрузкой) и упругая устойчивость (способность быстро восстанавливаться). Для экосистем эти два типа устойчивости не могут одновременно полноценно развиваться. Так, калифорнийский лес из секвойи довольно устойчив к пожарам (для этих деревьев характерна толстая кора и другие адаптации), но если он все же сгорит, то восстанавливается очень медленно или не восстанавливается вовсе. Напротив, калифорнийские заросли чапаралья очень легко выгорают (низкая резистентная устойчивость), но быстро восстанавливаются (отличная упругая устойчивость).

И еще одно замечание. Устойчивость экосистем обусловлена эффективностью действия внутренних механизмов экосистемы. Выполнение функций жизнеобеспечения экосистеме не одним, а несколькими видами или компонентами повышает стабильность экосистемы.

8. Искусственные экосистемы. Примерами таких экосистем могут быть космический корабль, город как гетеротрофная экосистема, т.е. питающаяся другими, агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы).

Космический корабль. Для путешествий в несколько дней или недель не требуется полностью автономная экосистема, так как необходимый запас кислорода и пищи берется с собой, а углекислота и другие отходы могут быть на короткое время изолированы или обезврежены. Для более длительных путешествий потребуются закрытый или обладающий более полными системами регенерации космический корабль, на котором должны иметься все жизненно важные абиотические вещества и средства для их многократного использования. В нем должны осуществляться сбалансированные процессы продуцирования, потребления и разложения организмами или их искусственными заместителями. По сути дела космический корабль представляет собой микросистему, включающую человека.

Для настоящих регенеративных экосистем, которые могли бы долгое время находиться в космосе, не получая ничего с Земли, потребовались бы крупные организмы, и в частности такие, которые могли бы идти в пищу человеку, значительное видовое разнообразие, и прежде всего – большие емкости, заполненные воздухом и водой. Основная задача – решение проблемы накопителей отходов, регуляторов и регенераторов. Очевидно, что эти функции должны взять на себя механические устройства.

Пока мы не имеем представления о том, как сконструировать мезокосмос с включением в него человека.

Город отличается от естественной экосистемы: 1) гораздо более интенсивным метаболизмом на единицу площади, для чего требуется большой приток энергии извне (горючие ископаемые); 2) большими потребностями в поступлении вещества извне; 3) более мощным и ядовитым потоком отходов. Город практически не производит пищи или других

органических соединений, не очищает воздух и почти не возвращает воду и неорганические вещества в круговорот.

Агросистемы отличаются тем, что: 1) получают вспомогательную энергию в виде мышечных усилий человека и животных, удобрений, пестицидов, орошающей воды, работы машин и т.д.; 2) разнообразие организмов резко снижено; 3) доминирующие виды подвергаются искусственному отбору. Агросистемы организованы так, чтобы направлять как можно больше энергии на производство продуктов питания.

## Экологические взаимодействия организмов.

В природных условиях каждый живой организм живет не изолированно. Его окружает множество других представителей живой природы. И все они взаимодействуют друг с другом. Взаимодействия между организмами, а также влияние их на условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов среды.

Наиболее ярко экологические взаимодействия организмов проявляются в пищевых и пространственных связях.

Все биотические взаимодействия можно разделить на 6 групп:

- (0 0) — организмы не оказывают влияния друг на друга;
- (+ +) — между организмами существуют взаимовыгодные полезные связи — так называемые симбиотические отношения;
- (- -) — отношения, вредные для обоих организмов;
- (+ -) — один из организмов получает выгоду, другой испытывает угнетение;
- (+0) — один вид получает пользу, другой не испытывает вреда;
- (- 0) — один вид угнетается, другой не извлекает пользы.

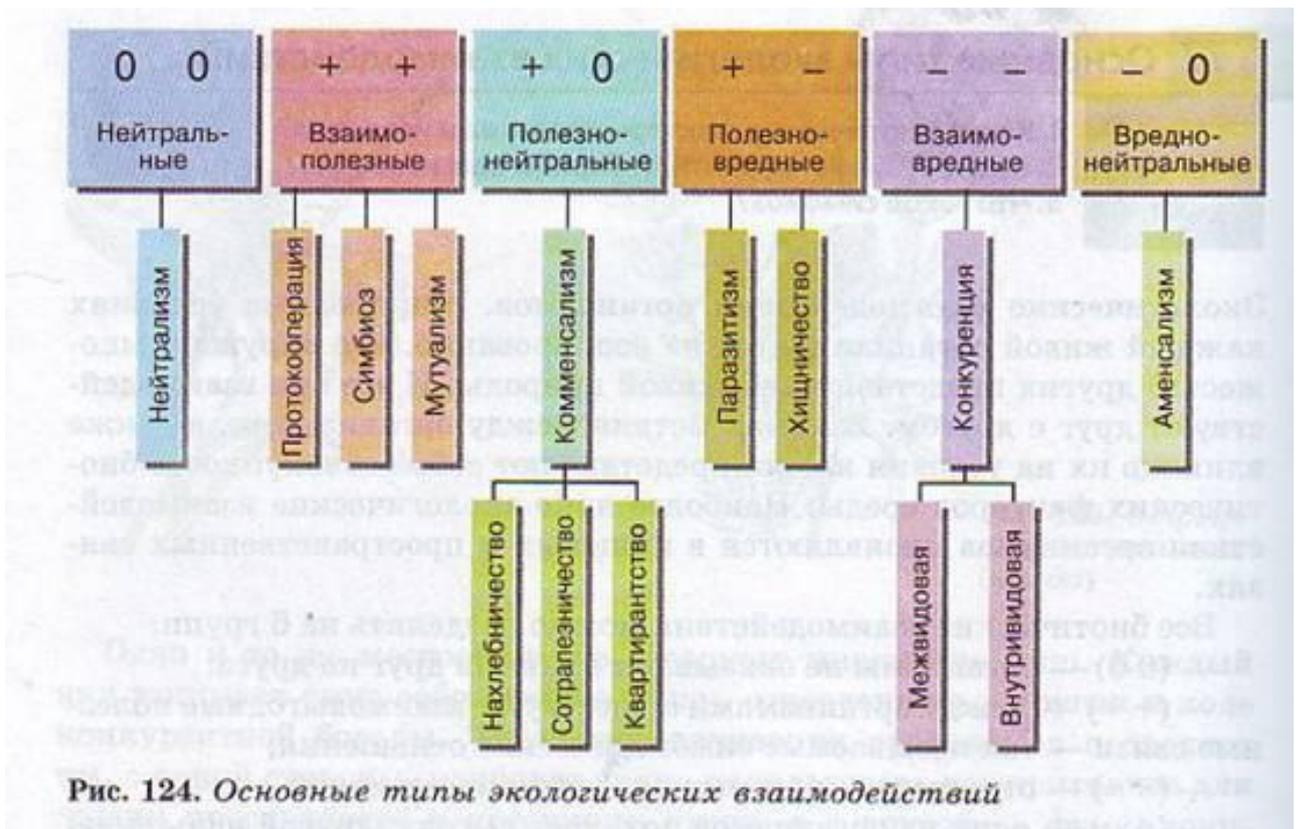
### Типы экологических взаимодействий.

Рассмотрим в общих чертах основные типы взаимодействий (рис. 124).

Если организмы не влияют друг на друга, то имеет место **нейтрализм**. (0 0). В природе истинный нейтрализм очень редок, поскольку между всеми видами возможны опосредованные, или косвенные, взаимодействия, эффекта которых мы не видим просто в силу неполноты наших знаний.

Для одного из совместно обитающих видов влияние другого отрицательно (он испытывает угнетение), в то время как угнетающий не получает ни вреда, ни пользы, — это **аменсализм** (греч. а — отрицательная частица и лат. mensa — стол, трапеза) (- 0). Пример аменсализма — светолюбивые травы, растущие под елью, страдают от сильного затенения, тогда как самому дереву это безразлично.

Форма взаимоотношений, при которой один вид получает какое-либо преимущество, выгоду, не принося другому ни вреда, ни пользы, называется **комменсализмом** (лат. com — с, вместе и mensa — стол, трапеза) (+ 0). Отношения такого типа широко распространены в природе. Например, крупные млекопитающие (собаки, олени) разносят плоды и семена с зацепками (вроде репейника), не получая от этого ни вреда, ни пользы. **Комменсализм** — одностороннее использование одного вида организма другим без нанесения ему ущерба. Различают несколько разновидностей комменсализма.



**Нахлебничество** — потребление остатков пищи хозяина. Песцы в тундре следуют за белым медведем и доедают остатки его пищи.

**Сотрапезничество** — потребление разных веществ или частей из одного и того же ресурса. Примером являются взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими [растениями](#), которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли.

**Квартирантство** — использование одними видами других (их тел или их жилищ) в качестве убежища или жилища. Такой тип взаимоотношений широко распространен у растений — примером могут служить лианы и эпифиты (орхидеи, лишайники, мхи), поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев. В гнездах птиц и в норах грызунов обитает множество видов членистоногих; некоторые рыбы прячутся среди щупалец медуз и актиний со стрекательными клетками. Рыба горчак откладывает икру в мантию двустворчатого моллюска, не принося ему вреда.

В природе часто встречаются взаимовыгодные связи, при которых организмы разных видов получают обоюдную пользу от этих отношений, К этой группе взаимополезных биотических связей относятся многообразные **симбиотические отношения** (+ +) организмов.

Обязательное условие подобных отношений — совместная жизнь, определенная степень сожительства организмов.

Самый простой тип взаимопользительных связей — **протокооперация** (буквально: первичное сотрудничество) (+ +). При этой форме совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них. Примером таких отношений можно назвать распространение муравьями семян некоторых растений леса, опыление пчелами разных растений. В этих случаях отсутствует необходимая тесная связь конкретной пары партнеров.

**Симбиотические отношения**, при которых наблюдаются устойчивое взаимовыгодное сожительство двух организмов разных видов, называется **мутуализмом** (+ +). Таковы, например, взаимоотношения рака-отшельника и актинии или узкоспециализированных к опылению растений с опыляющими их видами насекомых (клевер и шмель). Кедровка, питающаяся только семенами (орешками) кедровой сосны, является единственным распространителем ее семян. Мутуализм весьма широко развит в природе.

Собственно **симбиоз** (+ +) — неразделимые взаимопользительные связи двух видов, предполагающие обязательное тесное сожительство организмов, иногда даже с элементами паразитизма. Классическим примером симбиоза являются лишайники, представляющие собой тесное взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей. Благодаря симбиозу лишайники достигли высокого видового разнообразия (более 20 тыс. видов) и получили способность жить в самых суровых условиях: в полярных областях, на голых скалах, на коре деревьев, в высокогорьях (рис. 126).



Рис. 126. Лишайники

Типичный симбиоз представляют отношения термитов и жгутиковых, живущих в их кишечнике. Эти простейшие производят фермент, разлагающий клетчатку на сахара. Термиты не имеют собственных ферментов для переваривания целлюлозы и без симбионтов погибли бы. А жгутиковые получают в кишечнике благоприятные условия среды и в свободном состоянии в природе не встречаются. Широко известный пример симбиоза — сожительство зеленых растений (прежде всего, деревьев) и грибов.

**Хищничество** (+ -) — такой тип взаимоотношения популяций, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого, т. е. организмы одной популяции служат пищей для организмов другой. Хищник обычно сам ловит и умерщвляет свою жертву, после чего съедает ее полностью или частично. Для таких хищников характерно охотничье поведение. Но кроме хищников-охотников, существует еще и большая группа хищников-собирателей, способ питания которых заключается в простом поиске и сборе добычи. Таковы, например, многие насекомоядные птицы, собирающие пищу на земле, в траве или на деревьях.

**Хищничество** — широко распространенная форма связей, причем не только между животными, но и между растениями и животными. Так, травоядность (поедание растений животными), в сущности, тоже хищничество; с другой стороны, ряд насекомоядных растений (росянка, непентес) также можно отнести к хищникам (рис. 127).

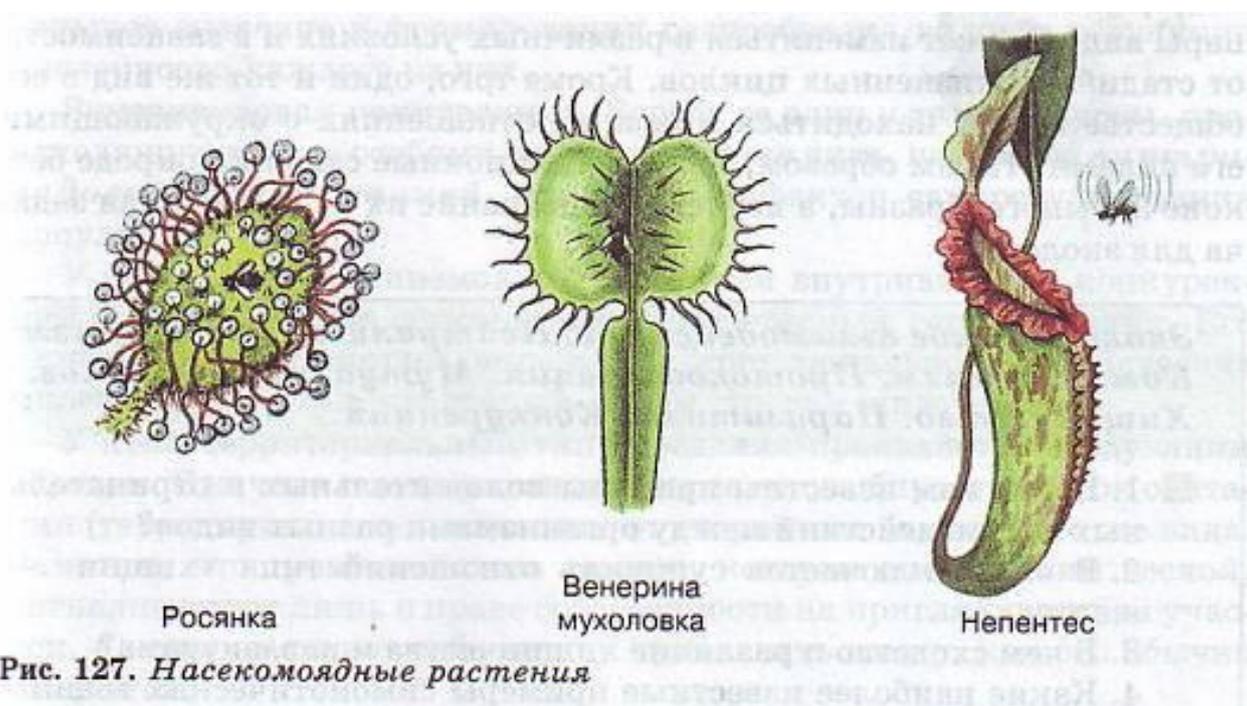


Рис. 127. Насекомоядные растения

Однако в узком, экологическом смысле принято считать хищничеством только поедание животных животными.

**Паразитизм** (+ -) — это форма взаимосвязей между видами, при которой организмы одного вида (паразита, потребителя) живут за счет питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина) в течение определенного времени. Обычно паразит использует живого хозяина не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного проживания. В роли паразитов могут быть и растения, и животные.

В отличие от хищничества при нападении паразита хозяин не погибает сразу, но испытывает угнетение (нередко в течение длительного времени).

Другими словами, паразит изнуряет, но не губит хозяина, поскольку жизнь хозяина обеспечивает его существование. Таким образом, паразитизм можно рассматривать как ослабленную форму хищничества. В природе нередко встречаются и такие взаимодействия, которые можно назвать переходными от хищничества к паразитизму: например, комары и пиявки, сосущие кровь у млекопитающих.

Если в экологической системе два или более вида (популяции) со сходными экологическими требованиями обитают совместно, между ними возникают взаимоотношения отрицательного типа, которые называются **конкуренцией** (- -). Конкурентные отношения будут рассмотрены в следующем параграфе.

Таковы основные типы биотических взаимоотношений в живой природе. Необходимо помнить, что тип взаимодействия конкретной пары видов может изменяться в различных условиях и в зависимости от стадий их жизненных циклов. Кроме того, один и тот же вид в сообществе может находиться в разных отношениях с окружающими его видами. Таким образом, межпопуляционные связи в природе бесконечно многообразны, а изучение и познание их — важнейшая задача для экологии.

### **Конкурентные взаимодействия.**

В общем смысле слово «**конкуренция**» означает столкновение, соперничество, соревнование. Конкуренция чрезвычайно широко распространена в [природе](#).

Конкурентное взаимодействие может касаться пространства, пищи, света, зависимости от хищников и других врагов, подверженности болезням и действию различных экологических факторов.

Необходимо иметь в виду, что конкуренцией нельзя считать просто использование организмами одного и того же природного ресурса. Об отрицательном взаимодействии можно говорить только в том случае, когда этого ресурса не хватает и когда его совместное потребление неблагоприятно отражается на [популяции](#).

**Конкуренцию подразделяют на внутривидовую и межвидовую.**

Как внутривидовая, так и межвидовая конкуренция могут иметь большое значение в формировании разнообразия видов и регуляции [численности](#) каждого из них.

**Внутривидовая конкуренция.**

Борьбу за одни и те же ресурсы, происходящую между особями одного и того же вида, называют **внутривидовой конкуренцией**. Это важный фактор саморегулирования популяций.

У некоторых организмов под влиянием внутривидовой конкуренции за пространство сформировался интересный тип поведения. Его называют **территориальностью**.

Территориальность свойственна многим видам птиц, некоторым рыбам, другим животным.

У птиц территориальный тип поведения проявляется следующим образом, В начале сезона размножения самец выбирает участок обитания (территорию) и защищает его от вторжения самцов того же вида. Заметим, что громкие голоса самцов, которые мы слышим весной, сигнализируют лишь о праве собственности на приглянувшийся участок, а вовсе не ставят себе задачу привлекать самку, как это обычно считается.

Самец, строго охраняющий свой участок, имеет больше шансов успешно спариться и построить гнездо, тогда как самец, неспособный обеспечить себе территорию, размножаться не будет. Иногда в охране территории принимает участие и самка. В результате на охраняемой территории сложное дело заботы о гнезде и молоди не нарушается присутствием других родительских пар.

Таким образом, территориальное поведение можно считать экологическим регулятором, поскольку оно позволяет одинаково избегать как перенаселения, так и недонаселенности.

Яркий пример внутривидовой конкуренции, который каждый мог видеть в лесу, так называемое самоизреживание у [растений](#).

Начинается этот процесс с захвата территории. Например, где-нибудь на открытом месте, недалеко от большой ели, дающей множество семян, появляется несколько десятков всходов — маленьких елочек. Первая задача выполнена — популяция выросла и захватила территорию, необходимую ей для выживания. Таким образом, территориальность у растений выражается иначе, нежели у животных: участок занимает не особь, а группа.

Молодые деревца растут, попутно затеняя и угнетая находящиеся под их кронами травянистые растения (это уже межвидовая конкуренция). С течением времени между деревцами появляется неизбежная разница в росте — одни, послабее, отстают, другие обгоняют. Поскольку ель очень светолюбивая порода (ее крона поглощает почти весь падающий на нее свет), то более слабые елочки начинают все больше испытывать затенение со стороны более высоких и постепенно засыхают, отмирают.



В конце концов, через много лет на поляне от нескольких десятков елочек остается два-три дерева (а то и одно) — наиболее сильные особи из всего поколения (рис. 128).

Высокая плотность животных является фактором угнетения, снижающим воспроизводство даже при изобилии пищевых ресурсов. Например, при большой численности головастиков те из них, что растут быстрее, выделяют в воду вещества, подавляющие развитие тех головастиков, которые растут медленнее.

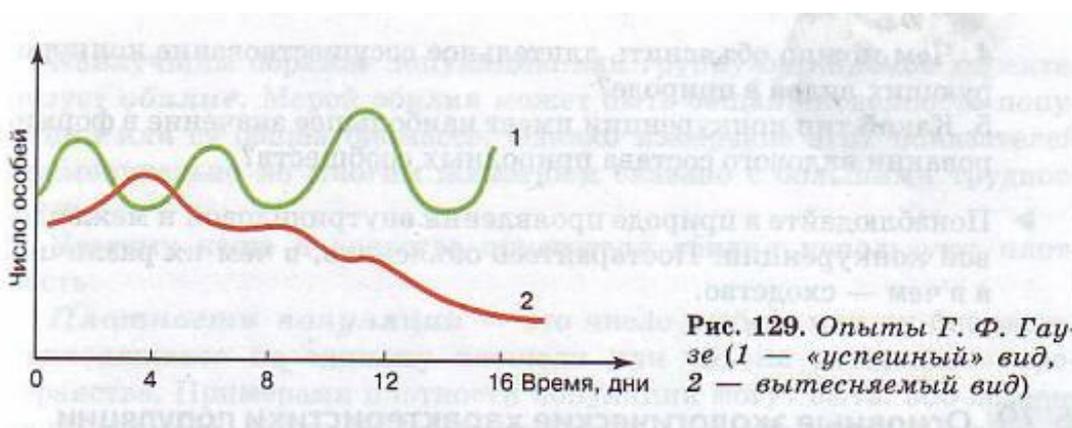
### Межвидовая конкуренция.

Конкуренция между особями разных видов чрезвычайно широко распространена в природе и касается практически каждого вида, поскольку редко какой вид не испытывает хоть небольшого давления со стороны организмов иных видов. Однако экология рассматривает межвидовую конкуренцию в конкретном, узком смысле — только как взаимно отрицательные отношения совместно проживающих близкородственных или экологически сходных видов.

Формы проявления межвидовой конкуренции могут быть весьма различными: от жестокой борьбы до почти мирного сосуществования. Но, как правило, из двух видов с одинаковыми экологическими потребностями один обязательно вытесняет другой.

Классическим примером межвидовой конкуренции являются описанные русским [биологом](#) Г. Ф. Гаузе опыты. В этих опытах культуры двух видов инфузорий-туфельек со сходным характером питания помещали по отдельности и совместно в сосуды с санным настоем. Каждый вид, помещенный отдельно, успешно размножался, достигая оптимальной численности. При помещении же обеих культур в один сосуд численность одного из видов постепенно уменьшалась и он исчезал из настоя (рис. 129).

Выведенное из этих опытов правило, так называемый принцип Гаузе, заключается в том, что два одинаковых в экологическом отношении вида сосуществовать не могут. Конкуренция особенно сурова между организмами, обладающими сходными экологическими потребностями.



В результате конкуренции в сообществе совместно уживаются только те виды, которые сумели хотя бы немного разойтись в экологических требованиях. Так, насекомоядные птицы, кормящиеся на деревьях, избегают конкуренции друг с другом благодаря разному характеру поиска добычи на разных частях дерева.

Таким образом, межвидовая конкуренция может иметь два итога: либо вытеснение одного из двух видов из сообщества, либо расхождение обоих видов по экологическим нишам. Конкуренционные отношения — один из важнейших факторов формирования видового состава и регуляции численности популяций в сообществе.

Межвидовая конкуренция может играть важную роль в формировании облика природного сообщества. Порождая и закрепляя разнообразие организмов, конкуренция способствует повышению устойчивости сообществ, более эффективному использованию имеющихся ресурсов.

## Экологические сообщества

### Биоценоз.

Взаимодействие популяций определяет характер функционирования следующего, более высокого уровня организации живого — биотического сообщества, или биоценоза.

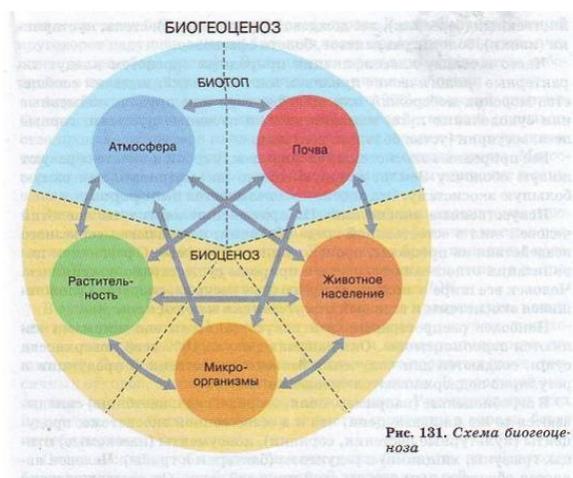
**Биоценоз** — не просто сумма образующих его видов, но и совокупность взаимодействий между ними. Как и популяция, биоценоз имеет собственные свойства, например видовое разнообразие, структуру пищевой сети, биомассу, продуктивность. Одна из главных задач экологии — выяснить взаимосвязи между свойствами и структурой (составом) сообщества, которые проявляются независимо от того, какие виды входят в него.

### Экосистема.

Другой объект экологического исследования — экосистема. Это любое сообщество живых существ вместе с его физической средой обитания, функционирующее как единое целое. **Примером экосистемы** может служить пруд, включающий сообщество гидробионтов (организмов, жизнь которых протекает в воде), физические свойства и химический состав воды, особенности рельефа дна, состав и структуру грунта, взаимодействующий с поверхностью воды атмосферный воздух, солнечную радиацию.

Рассмотрение экосистемы важно в тех случаях, когда речь идет о потоках вещества и энергии, циркулирующих между живыми и неживыми компонентами природы, о динамике элементов, поддерживающих существование жизни, об эволюции сообществ. Ни отдельный организм, ни популяцию, ни сообщество в целом нельзя изучать в отрыве от окружающей среды. Экосистема, по сути, это то, что мы называем природой.

**Экосистема** — понятие очень широкое и применимое как к естественным (например, тундра, океан), так и к искусственным комплексам (например, аквариум). Поэтому для обозначения элементарной природной экосистемы экологи также используют термин «**биогеоценоз**».



**Биогеоценоз** — исторически сложившаяся совокупность живых организмов (биоценоз) и абиотической среды вместе с занимаемым ими участком земной поверхности (биотопом) (рис. 131). Граница биогеоценоза устанавливается по границе растительного сообщества (фитоценоза) — важнейшего компонента биогеоценозов. Для каждого биогеоценоза характерен свой тип вещественно-энергетического обмена.

### **Классификация экосистем.**

При классификации наземных экосистем обычно используют признаки растительных сообществ (составляющих основу экосистем) и климатические (зональные) признаки. Так, выделяются определенные типы экосистем, например тундра лишайниковая, тундра моховая, лес хвойный (еловый, сосновый), лес лиственный (березняк), лес дождевой (тропический), степь, кустарники (ивняк), болото травянистое, болото сфагновое.

Часто в основу классификации природных экосистем кладут характерные экологические признаки местообитаний, выделяя сообщества морских побережий или шельфа, озер или прудов, пойменные или суходольные луга, каменистые или песчаные пустыни, горные леса, эстуарии (устья больших рек) и др.

Все природные экосистемы связаны между собой и вместе образуют живую оболочку Земли, которую можно рассматривать как самую большую экосистему. Эта экосистема называется биосферой.

### **Искусственные экосистемы.**

На протяжении многих тысячелетий человек жил в естественной среде обитания, не оказывая серьезного воздействия на процессы, происходящие в биосфере. С развитием цивилизации отношения человека и природы

существенно изменялись. Человек все шире использовал природные ресурсы, разрушал сложившиеся экосистемы и создавал искусственные экосистемы.

Наиболее распространенными искусственными экосистемами являются агробиоценозы. Они занимают около 10% всей поверхности суши, создаются для получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаются человеком.

В агробиоценозе (например, поля, огорода, сада, пастбища) складываются те же [пищевые цепи](#), что и в естественной экосистеме: продуценты (культурные растения, сорняки), консументы (насекомые, птицы, грызуны, хищники) и редуценты (бактерии и грибы). Человек является обязательным звеном этой пищевой цепи. Он создает условия для высокой продуктивности агроценоза, а затем использует урожай.

### **Сравнение естественных и искусственных экосистем.**

Между агро- биоценозом и естественной экосистемой имеются существенные различия. Важным свойством природного сообщества является его устойчивость. Экологическая устойчивость агробиоценозов невелика. Без участия человека агробиоценозы зерновых и овощных культур существуют не более года, агробиоценозы многолетних трав — 3 года, плодовых культур — 20 лет.

Для естественного биоценоза единственным источником энергии является Солнце. Агробиоценозы, помимо солнечной энергии, получают дополнительно энергию, затрачиваемую человеком на обработку почвы, борьбу с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, внесение удобрений и т. д.

В естественной экосистеме первичная продукция [растений](#) (урожай), пройдя через многочисленные цепи питания, вновь возвращается в систему биологического круговорота. В агробиоценозе такой круговорот нарушен, так как большая часть продукции изымается человеком при сборе урожая. В результате постоянно приходится заботиться о поддержании плодородия почвы, внося удобрения.

Агробиоценозы дают человечеству около 90% пищевой энергии. Однако при неправильном ведении сельскохозяйственного производства происходит потеря плодородия почвы, ее засоление, опустынивание огромных территорий и загрязнение окружающей среды. Массовое сведение лесов под сельскохозяйственные угодья приводит к серьезным негативным изменениям в биосфере.

### **Экосистемы городов.**

Наряду с агробиоценозами экосистемы городов и промышленных предприятий занимают все большее место в развитии биосферы на нашей планете. Уже сейчас более половины населения Земли живет в городах и поселках городского типа, а в промышленно развитых странах эта цифра доходит до 70%.

В экосистемах городов нарушено соотношение продуцентов консументов и редуцентов. В город поступает энергия и ресурсы, необходимые для промышленности, транспорта и жизнедеятельности его жителей. Город производит огромное количество ядовитых газов, токсичных отходов, загрязняющих окружающую среду. В городской экосистеме экологическое равновесие невозможно. Регулирование всех процессов, связанных с потоками вещества и энергии в городе, берет на себя человек.

Очень важно, чтобы город был экосистемой, пусть не абсолютно благоприятной, но хотя бы не вредящей [здоровью](#) людей.

Еще в средние века было замечено, что продолжительность жизни горожан меньше, чем у сельских жителей. Отсутствие зелени, узкие улочки, маленькие дворы-колодцы, куда практически не проникал солнечный свет, создавали неблагоприятные условия для жизни человека.

Разнообразные [факторы](#), связанные с ростом городов, в той или иной мере сказываются на формировании человека, на его здоровье. Это заставляет ученых все серьезнее изучать влияние среды обитания на жителей городов. Оказывается, от того, в каких условиях живет человек, какая высота потолков в его квартире и насколько звукопроницаемы ее стены, как человек добирается до места работы, с кем он повседневно общается, как окружающие люди относятся друг к другу, зависит настроение человека, его трудоспособность, активность и вся его жизнь.

Человек придумывает тысячи ухищрений для того, чтобы сделать свою жизнь в городах более удобной: горячую воду, телефон, различные виды транспорта, автодороги, сферу обслуживания и развлечений. Однако в больших городах особенно сильно проявляются и недостатки городской жизни: жилищная и транспортная проблемы, повышение уровня заболеваемости. Последнее в определенной степени объясняется одновременным воздействием на организм двух, трех или более факторов, каждый из которых обладает незначительным негативным действием, но в совокупности их воздействие приводит к серьезным последствиям.

Так, например, насыщение среды и производства скоростными и быстродействующими машинами повышает напряжение, требует дополнительных усилий от человека, что ведет к переутомлению. Хорошо известно, что переутомленный человек больше страдает от загрязнения воздуха, инфекций и др.

Загрязненный воздух в городе, отравляя кровь окисью углерода, наносит некурящему человеку такой же вред, как и выкуривание курильщиком пачки сигарет в день. Серьезным отрицательным фактором в современных городах является и так называемое «шумовое загрязнение».

Чтобы уменьшить негативное влияние на жителей, городской ландшафт не должен быть однообразной «каменной пустыней». В архитектуре города следует стремиться к гармоничному сочетанию аспектов социальных (здания, дороги, транспорт, коммуникации) и биологических (зеленые массивы, парки, скверы). В этом большую роль могут сыграть ландшафтные архитекторы.

Современный город следует рассматривать как экосистему, в которой созданы наиболее благоприятные условия для жизни человека. Следовательно, это должны быть не только удобные жилища, транспорт, разнообразная сфера услуг, но и благоприятная для жизни и здоровья человека среда обитания — чистый воздух, радующий глаз городской ландшафт, зеленые уголки, где бы каждый мог в тишине отдохнуть, любясь красотой природы.

Учитывая способность зеленых насаждений благоприятно влиять на состояние окружающей среды, их необходимо максимально приближать к месту жизни, работы, учебы и отдыха людей.

Сохранение и специальная посадка деревьев и кустарников, создание газонов и клумб с цветами являются неотъемлемой частью комплекса мероприятий по защите и преобразованию окружающей среды. Зеленые насаждения не только создают благоприятные микроклиматические и санитарно-гигиенические условия, но и повышают художественную выразительность архитектурных ансамблей.

Особое место вокруг промышленных предприятий и автострад должны занять защитные зеленые зоны. В них рекомендуется высаживать деревья и кустарники, устойчивые к загрязнению, например клен американский, тополь канадский, липу сердцевидную, можжевельник казацкий и виргинский, иву белую, крушину ломкую, дуб черешчатый, бузину красную.

В размещении зеленых насаждений необходимо соблюдать принцип равномерности и непрерывности. Сады, парки, скверы, внутригородские бульвары следует объединять как между собой, так и с насаждениями, расположенными за городом. Это обеспечит поступление свежего загородного воздуха во все жилые зоны города. Важнейшими компонентами системы озеленения города являются насаждения в жилых микрорайонах, на участках детских учреждений, школ, спортивных комплексов и пр.

Ухаживая за зелеными насаждениями, оберегая и умножая их, каждый житель города может внести свой посильный вклад в улучшение экологии города.

Не случайно экологи считают, что в современном городе человек должен быть не оторван от природы, а как бы растворен в ней. Поэтому общая площадь зеленых насаждений в городах должна занимать больше половины его территории.

Таким образом, экосистема состоит из двух компонентов. Один из них органический — это населяющий ее биоценоз, другой — неорганический, то есть биотоп, дающий пристанище биоценозу. Термин «биоценоз» был предложен К. Мебиусом в 1877 году, когда он изучал устричные банки и живущие там организмы. Его определение биоценоза было таким: «Объединение живых организмов, соответствующее по своему составу, числу видов и особей некоторым средним условиям среды. Объединение, в котором организмы связаны взаимной зависимостью и сохраняются благодаря постоянному размножению в определенных

местах... Если бы одно из условий отклонилось на некоторое время от обычной средней величины, изменился бы весь биоценоз... Биоценоз также претерпел бы изменение, если бы число особей данного вида в нем увеличилось или уменьшилось благодаря деятельности человека, или же один вид полностью исчез бы из сообщества, или, наконец, в его состав вошел новый...» Со времен К. Мебиуса в термин «биоценоз» начали вкладывать и другое содержание. Появились различные толкования этого термина. Сам же термин остался центральным в биоценологии, и очень многие исследователи старались его поточнее определить. Отсюда возникали очень сложные определения, такие, как у К.Р. Элли. Он определил биоценоз как «естественное объединение организмов, которое в единстве со своим местообитанием достигло такого уровня выживаемости, что приобрело относительную независимость от смежных объединений того же ранга; в этих пределах (при наличии солнечной энергии) его можно считать самостоятельным». Синонимами термина «биоценоз» часто являются «ассоциация» и «сообщество».

**Сообщество — это совокупность популяций разных видов, сосуществующих в пространстве и времени. (Бигон и др., 1989).**

Биоценозы относят к трем типам: наземные, пресноводные и морские.

### **Характеристики сообществ**

После того как очерчены границы биоценоза, уточнен список видов, входящих в его состав, приступают к его описанию. Для этого исследователи выделяют характеристики, описывающие основные свойства биоценозов. Число характеристик может быть различным. Мы познакомимся лишь с некоторыми из них, наиболее часто употребляемыми.

Прежде всего это **обилие**. Обилием называют число особей на единицу объема, то есть это аналог плотности в популяционном исследовании. Обилие меняет свое значение в зависимости от сезона, года или колебаний численности. Эта характеристика меняется от одного биоценоза к другому. Точно определить **обилие** невозможно, поэтому для его оценки пользуются качественным описанием. Так, в ботанике приняты пять степеней обилия: 0 — отсутствие, 1 — редко и рассеяно, 2 — не редко, 3 — обильно, 4 — очень обильно. Когда зоолог, используя какой-нибудь способ отлова животных, оценивает обилие их, то пользуется соотношением пойманных животных ко времени лова или количеству ловушек. Это так называемое относительное обилие.

Вторая характеристика — **частота**. Ее оценивают соотношением числа особей одного вида к общей численности организмов в данном сообществе. Частоту обычно выражают в процентах.

Очень важной характеристикой биоценоза является **постоянство его состава**. Все виды сообщества разделяют на *постоянные*, *добавочные* и *случайные*. Постоянные встречаются в половине проб, взятых из этого биоценоза. Добавочные встречаются не менее чем в четверти всех проб. Если же вид обнаруживается менее чем в четверти всех проб, то его относят к случайным. Кроме того, в любом сообществе обязательно имеются один или несколько видов, которые по числу особей превосходят прочих, их называют *доминирующими*. Правда, численное доминирование многие исследователи заменяют функциональным. Оно определяется по влиянию, которое вид оказывает на сообщество. Так, несколько крупных жвачных окажут на луг больше влияния, чем многочисленные насекомые-фитофаги. Поэтому таких жвачных назовут доминирующими видами. Используют для описаний и смешанный показатель — обилие-доминирование. Он сочетает плотность вида с занимаемой им площадью местообитания.

Еще одна характеристика биоценоза — **верность местообитанию**. Это показатель, выражающий степень привязанности вида к биоценозу. Он определяет частоту встречаемости данного вида в данном сообществе. Виды, свойственные исключительно данному биоценозу или наиболее обильно в нем представленные, называют *характерными* (или *эуценными*). Так, характерный вид песчаной пустыни — ушастая круглоголовка, а глинистой — такырная. Имеются виды *предпочитающие* (*тихоценные*), иначе их еще называют *преферентные*.

Они встречаются в нескольких рядом расположенных биоценозах, но предпочитают один из них. Таков, например, карась, живущий в реках, речках, прудах, озерах и даже болотах. Предпочитает же он озера. Бывают, наконец, виды *чуждые*, их еще называют *ксеноценными*. Это случайно попавшие в данное сообщество виды, обычно они ему не принадлежат. Так, в луговом сообществе в Барабинской низменности среди прочих грызунов может изредка появляться степная пеструшка — житель остепненных участков, характерный вид для сухих степей. В пойме реки Оби отмечают иногда узкочерепную полевку, хотя она тоже в основном степной зверек. Виды *индифферентные* (*убикивисты*) способны существовать с равным успехом в нескольких биоценозах. К таким видам можно отнести обыкновенную лисицу, которая обычна в лесу, в тундре, в степи и даже в пустыне.

Как правило, в любом нашем биоценозе характерных видов меньше, чем преферентных или чуждых. Зато по количеству особей характерные преобладают над всеми остальными видами. Этих видов может быть много, но численность их популяций невелика.

### **Структура биоценоза**

Всякий биоценоз имеет свою собственную структуру. Она определяется расположением особей различных видов по отношению друг к другу как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Это пространственная структура. Распределение по вертикали соответствует **ярусности**. В

различных биоценозах она выражена в разной степени. У растений ярусность вызвана конкуренцией за свет и воду, а у животных — за пищу. Лучше всего ярусность выражена в лесу. Там можно выделить ярус мхов и лишайников. Он обычно располагается на уровне почвы, отчасти и на стволах. Ярус травянистой растительности бывает различной высоты (в сибирской тайге — до двух метров). Часто ботаники только у травянистых растений выделяют несколько ярусов. Следующий ярус в лесу — кустарниковый. Он достигает восьмиметровой высоты и тоже может быть разделен. Последний лесной ярус (1-й ярус леса), древесный, состоит из высоких деревьев. В соответствии с ярусностью растительности распределяются в лесу и животные. Там есть виды, связанные с почвой, целая группа видов, населяющая лесную подстилку. Группы видов обитают на траве и на кустарниках. Даже дерево обычно заселено на различной высоте от комля до вершины разными видами животных. Ярусность (горизонты) существует и в почве. Ее определяет характер залегания корневой системы различных растений. В водной среде тоже различают ярусы: плавающая растительность, растущая в толще воды и придонная. Соответственно и животные разделяются на обитающих: на поверхности (водомерки, вертячки), в толще воды (гладыши, гребляки) и на дне водоема (водяные скорпионы, беззубки, личинки ручейников).

Горизонтальная структура биоценозов тоже неоднородна. Чередуются пространства с голой почвой и покрытые растениями. В размещении животных также прослеживается горизонтальная структура. Довольно часто животные на территории располагаются скоплениями. Сообщества могут быть подвержены значительным сезонным изменениям. Иногда за счет миграций животных они могут сильно изменяться даже в течение суток. В толще воды животные и растения обычно совершают вертикальные суточные миграции. Такие перемещения известны для океанских рыб и ракообразных, в пресноводных водоемах — для фитопланктона. Активность ряда видов подразделяют на дневную и ночную, поэтому в биоценозе в зависимости от времени суток может оказываться различным состав активных животных. Еще более показательна сезонная изменчивость. Она сказывается и на физиологическом состоянии организмов (цветение, сбрасывание листьев, диапауза, миграция). Кроме того, ее можно наблюдать и на изменениях видового состава, потому что многие виды активны только в более или менее ограниченный период.

### **Изучение экосистем**

В природе в любом пространстве обитает большое число видов. Совокупность их отношений оказывается необычайно сложна и разнообразна. Только теоретически можно представить и рассмотреть все связи организмов, населяющих биосферу, практически же это неосуществимо. Тем не менее задача эта решается при некотором упрощении. Жизнь на Земле хотя и сосредоточена в разнообразных местообитаниях, но на большом протяжении сохраняет свою однородность. Часто такие

местообитания хорошо выражены и их можно рассматривать отдельно, изучать структуру и межвидовые отношения.

Как вы уже знаете, подобное местообитание называется биотопом. Он характеризуется определенными физическими и химическими условиями. Хотя у экологов и существует детализированное понятие «биотоп», все же чаще они ограничиваются интуитивным представлением о нем. Примерами могут быть озеро, луг, лес. Все эти местообитания достаточно однородны. В характеристику (и в название) биотопа часто включают не только физико-химические свойства среды, но и его растительность. Это связано со значительным влиянием растений на всю экосистему, в том числе и на ее физико-химические условия. Однако не нужно забывать, что термин «биотоп» обозначает только неживую среду.

Совокупность живых организмов, населяющих биотоп, как говорилось выше, называется биоценозом. Очевидно, что растения также являются компонентами биоценоза и вступают в межвидовые отношения с прочими организмами экосистемы. Мы помним, что совокупность биотопа и населяющего его биоценоза определяют как экосистему или биогеоценоз.

В экосистеме виды взаимодействуют друг с другом в относительно замкнутом круговороте. Однако он никогда не бывает абсолютно замкнутым, потому что осуществляется обмен с соседними экосистемами, поэтому экосистема — открытая система. Рассмотрим конкретную экосистему, чтобы представить себе, как она «устроена». Наиболее удобной для этого будет относительно изолированная система, такая, как озеро. Строго говоря, и само озеро можно подразделить на несколько различных местообитаний, но такие различия неизбежны в пределах любой экосистемы, и при первом знакомстве их можно не учитывать.

Флора озера, превосходящая по массе, как и в других экосистемах, все прочие организмы, состоит из двух неравных групп. Одна из них, меньшая, — это цветковые растения. Часть из них растет на берегу, часть — в воде. Другая группа — микроскопические водоросли: диатомовые, перидинеи, вольвоксовые — играет большую роль в жизни водоема. Эти водоросли, составляющие основную массу фитопланктона, являются питанием для большинства водных организмов. Именно они вместе с другими зелеными растениями создают органическое вещество из неорганического, используя для этого энергию солнечного излучения. Их называют продуценты. Рассматривая выше организм как ресурс, мы уже познакомились с цепями питания.

Итак, продуценты производят органическое вещество, а далее оно трансформируется в **пищевых цепях и сетях**. Многочисленные потребители органики, поедая друг друга, образуют **пищевые цепи** — очередность поеданий. Так, тля пьет растительный сок, тлю поедает муравей, его — трясогузка, далее — кошка, вот и получилась цепочка. Между тем тлю едят очень многие животные: божьи коровки, златоглазки, личинки мух-журчалок и т. д., так что пищевая цепь уже на тле может соединиться с другими пищевыми цепями. Поэтому-то в любой экосистеме обязательно существует

целая **пищевая сеть**, объединяющая все цепи. Вспомнив все это, вернемся к биоценозу нашего озера.

Фитопланктоном питаются микроскопические организмы, носящие общее название — *зоопланктон*. (В некоторых озерах фитопланктон едят и рыбы.) Все эти животные, питающиеся непосредственно растениями, относятся к группе *первичных консументов*. Они неспособны создавать органическое вещество из неорганического и только перерабатывают уже готовую органику. Зоопланктон, в свою очередь, служит пищей для более крупных животных — личинок насекомых, молоди рыб, то есть *вторичных консументов*. Каждая из этих групп организмов может быть названа **трофическим уровнем**. Организмы из разных трофических уровней также связаны между собой. Они образуют пищевую цепь.

Чем проще устроена экосистема, чем меньше в ней членов, тем больше зависимость между звеньями в пищевых цепях и тем короче эти цепочки. Нарастает видовое разнообразие, усложняется биоценоз и пищевые цепи удлиняются, усложняются. Хищники здесь (консументы второго и третьего порядков) имеют «в запасе» несколько видов жертв, да и сами могут служить добычей другим хищникам более высоких порядков. Пищевые цепи ветвятся, соединяясь между собой разнообразием хищников, а также паразитов и редуцентов, и преобразуются в общую сложную пищевую сеть.

Кроме продуцентов и консументов, в экосистеме всегда имеются *деструкторы*, или их еще называют *редуцентами*. Дело в том, что консументы, как первичные, так и следующих порядков, не могут полностью разлагать органическое вещество. Они обязательно оставляют непереваренные остатки — экскременты. За их счет и могут существовать пищевые цепи деструкторов. В озерных сообществах экскрементами таких крупных животных, как рыбы, жуки-водолюбы, крупные моллюски, питается большое число видов *детритофагов*. Среди них преобладают равноногие ракообразные, личинки хирономид, которых часто называют червями. После их пищеварительных каналов органические остатки достаются бактериям. Они-то и разлагают все это окончательно до минеральных веществ, вновь используемых растениями. Без деструкторов не смог бы осуществляться кругооборот веществ в экосистеме. Так что их деятельность не менее важна, чем у зеленых растений.

### **Как функционирует экосистема?**

Для ясного понимания того, как устроена и функционирует экосистема, необходимо ее изучить. Это включает в себя работу в трех направлениях:

- 1. Необходимо установить границы экосистемы.**
- 2. Проанализировать ее пищевые цепи.**
- 3. Рассмотреть обмен веществ и энергии.**

Установление границ экосистемы и анализ пищевых цепей в ней часто затруднительны. Во-первых, экосистема может оказаться неоднородной и распадаться на несколько относительно самостоятельных систем. Во-вторых, она может развиваться циклично или как-то иначе, то есть экосистема

изменяется в пространстве и во времени, поэтому ее границы и структура непостоянны. По протяженности тоже имеются большие различия. Отдельной экосистемой может быть и гниущее дерево и тундра, раскинувшаяся на огромной территории. Последнюю часто называют **формацией**, или **биомом**. При установлении границ тундры требования иные, чем в случае с озером или деревом. В средних и небольших экосистемах — луг, лес — растительный и животный мир богаче в переходных зонах, опушечных полосах.

Для анализа пищевых цепей требуется установить виды, населяющие экосистему, причем с учетом их численности. После того как определен видовой состав и плотность популяций, необходимо выяснить пищевой режим и среднюю потребность в пище для каждого вида. Существуют различные способы получения таких данных. Один из методов — ввести в экосистему пищу, меченную радиоактивными изотопами. Тогда можно проследить движение различных элементов пищи по пищевым цепям, узнать скорость их распространения и даже подсчитать ежедневное потребление пищи особями видов. Однако, даже прилагая большие усилия, получить количественные характеристики по экосистемам можно лишь в редких случаях. Ведь многочисленные отношения между видами постоянно изменяются и во времени, и в пространстве.

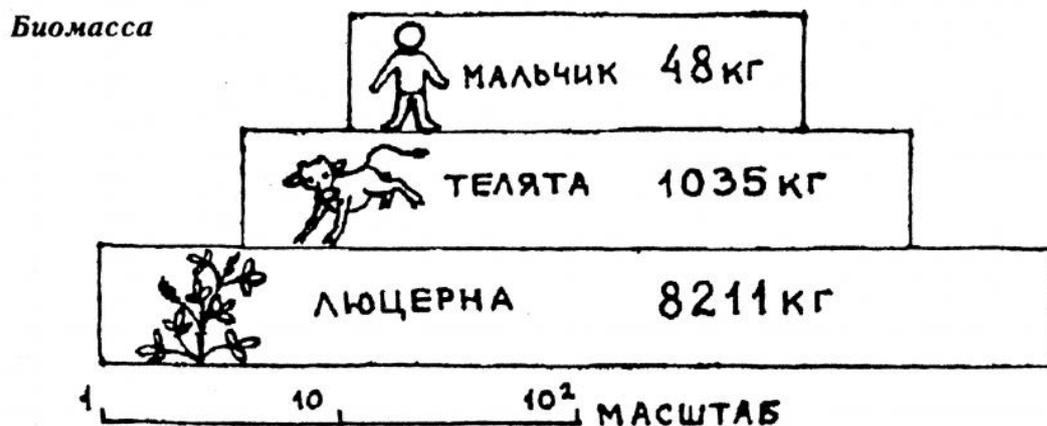
Даже в стабильных экосистемах численность каждого вида подвергается периодическим колебаниям, которые сразу отражаются на всех пищевых цепях, или, точнее, на всей трофической сети биоценоза. Столкнувшись с огромными трудностями при изучении биоценозов во всех непрерывно меняющихся деталях, экологи осознали необходимость рассмотрения обмена веществ и энергии в их совокупном, наиболее общем выражении.

### **Экологические пирамиды**

Первое упрощение, которое пришлось сделать, — это ограничиться лишь схематическим изображением пищевой сети, рассматривая только главные категории: первичные продуценты (зеленые растения), первичные консументы (травоядные животные), вторичные консументы (плотоядные животные), деструкторы. Категории эти можно изобразить в виде прямоугольников, длина или площадь которых соответствуют значимости их. Помещая прямоугольники друг на друга, получают некоторую пирамиду. Внизу располагаются продуценты, а сверху — консументы разных порядков. Первые пирамиды строили как пирамиды чисел (предложил их Чарлз Элтон, поэтому их стали называть пирамиды Элтона). Размер прямоугольников в них был пропорционален числу особей, заключенных в единице площади или объема биотопа.

Однако такая система плохо определяла действительное положение вещей. Ведь особи, принадлежащие к одному трофическому уровню, играют в жизни экосистемы неравноценную роль, но, согласно пирамиде Элтона, слон в саванне будет оцениваться так же, как и термит, одной единицей. Стали использовать пирамиды, где размер прямоугольников пропорционален

массе живого вещества каждого трофического уровня — **биомассе**. И пирамида биомасс также складывается из прямоугольников, но теперь они несут информацию о биомассах в трофических уровнях. Она сужается кверху, поскольку поедаемых всегда должно быть больше, чем поедателей.



Экологические пирамиды  
(1 — соотношение численности, 2 — биомасс, 3 — энергий)

Метод пирамид дает очень хорошие результаты, с его помощью легко сравнивать различные экосистемы. Можно сопоставлять, например, коралловый риф и залежь. Первый — это древний и стабильный биоценоз, большое место в котором занимают консументы. Залежь — молодой биоценоз. Она находится в одной из начальных стадий развития, и ее растительная продукция еще слабо используется консументами. Новые пищевые цепи появятся лишь по мере дальнейшего развития биоценоза.

Пирамиды биомасс, построенные для морских систем, выглядят парадоксально: они перевернуты. Складывается впечатление, что консументы там живут за счет фитопланктона, масса которого меньше их собственной. Налицо либо нарушение законов природы, либо изъян метода анализа. Разгадка же состоит в том, что микроскопические водоросли размножаются чрезвычайно быстро, непрерывно поставляя пищу намного медленнее растущим и размножающимся консументам. В соответствии с более быстрым размножением в единицу времени они поставляют большую биомассу, чем та, которую за это же время наращивают консументы. Так что при моментальном измерении пирамида перевернута, но как только мы вводим изменение во времени — все становится на свои места. Фитопланктон-то наращивает биомассу быстрее всех прочих организмов! Так что нижний прямоугольник нашей пирамиды становится самым большим в ней.

### **Энергетический обмен в экосистемах. Продуктивность**

Логический вывод из предыдущих рассуждений: нас должна интересовать не масса и численность организмов на том или ином трофическом уровне, а показатели энергетического обмена внутри экосистемы. При этом возникает понятие «продуктивность», или «урожай».

Жизнь всех биоценозов зависит в конечном счете от использования солнечной энергии зелеными растениями. Скорость, с которой лучистая энергия усваивается организмами-продуцентами, накапливаясь в форме органических веществ, называется первичной продуктивностью экологической системы. Производство органического вещества можно подразделить на 4 уровня:

1. **Валовая первичная продуктивность** — общая скорость фотосинтеза. Сюда же относятся органические вещества, которые были израсходованы на дыхание.

2. **Чистая первичная продуктивность** — это скорость накопления органического вещества в растениях, исключая то, что потрачено на дыхание.

3. **Чистая продуктивность сообщества** — скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами (консументами и деструкторами) за определенный период: за время вегетации, сезон, год.

4. **Вторичная продуктивность** — это скорость накопления энергии на уровнях консументов. Консументы лишь усваивают ранее использованные питательные вещества, часть их расходуется на дыхание, а остальное

превращается в ткани тела. Вторичную продуктивность не делят на валовую и чистую.

Высокие скорости накопления органического вещества наблюдаются и в естественных, и в искусственных экосистемах. Это происходит там, где благоприятны физические факторы, а особенно — при поступлении дополнительной энергии извне. Она может поступать в различной форме: в тропическом лесу в форме работы ветра и дождя; в эстуарии — в виде энергии прилива; в поле — в форме энергии, которая затрачивается на обработку земли, ее орошение и удобрение. Оценивая продуктивность экосистемы, нужно учитывать и утечку энергии, связанную со сбором урожая, загрязнением среды, плохой погодой и другими неблагоприятными воздействиями.

В общем, продуктивность экосистемы говорит о ее богатстве. Богатое и продуктивное сообщество не обязательно имеет большее число организмов, чем бедное. Ведь особи в сообществе могут быстро оборачиваться или из него изыматься. Так, на богатом пастбище, где пасется скот, урожай травы на корню будет меньше, чем на менее продуктивном, но без выпаса. Наличную биомассу нельзя путать с продуктивностью.

Знакомство с концепцией продуктивности экосистем рождает закономерный вопрос: каков полезный «выход» биомассы в экосистемах, каков их коэффициент полезного действия? Иными словами, каково соотношение валовой и чистой первичной продукции?

Это соотношение различается в разных экосистемах и в разные сезоны года. Например, на севере летом в валовую продукцию превращается 10 процентов общего дневного поступления солнечной энергии и за сутки 75–80 процентов валовой продукции может перейти в чистую. Однако такая продуктивность не может сохраняться весь год и даже в течение всего вегетативного периода. Известно, что у молодых растений больше расход энергии на построение тканей тела. У старых же большая часть ассимилированной энергии расходуется на дыхание. В среднем в ткани растений превращается около половины продукции фотосинтеза, остальная идет на дыхание.

Как правило, по валовой продукции культурные экосистемы не превосходят богатые природные. Человек увеличивает продуктивность, доставляя воду и питательные вещества туда, где они служат лимитирующими факторами. Но более всего человек увеличивает чистую первичную продуктивность и чистую продуктивность сообщества, направляя в него дополнительную энергию и уменьшая тем самым расход продукции на автотрофном и гетеротрофном уровнях. Этим он увеличивает урожай для себя. В горючем, которое расходуется сельскохозяйственными машинами, заключено не меньше энергии, чем в солнечных лучах, попадающих на поля. В США, например, вклад энергии топлива в сельское хозяйство увеличился с 1900 по 1970-е годы в 10 раз (примерно с 1 до 10 калорий на каждую калорию полученной пищи). Такой вклад дополнительной энергии для получения урожая называют **энергетической субсидией**. Другой путь

увеличения урожая для человека — отбор на повышение соотношения съедобных частей растения к волокну. Например, за XX век отношение сухой массы зерна к массе соломы у пшеницы и риса увеличилось с 50 до 80 процентов.

«Зеленая революция» в разных странах была вызвана выведением новых сортов сельскохозяйственных культур. В них высокое содержание съедобных частей по сравнению с «соломой». Но самое существенное их свойство — это хорошая реакция на энергетические субсидии в форме орошения и удобрения, дающая существенную прибавку урожая. А без этих поступлений новые сорта дают урожаи ниже, чем традиционные, не требующие таких субсидий. Стало быть, понятие «урожай» не столь четкое, как «первичная продукция» и ее подразделения. Урожай — это та полезная продукция, которую собрал человек со своего поля или из природной экосистемы без учета затрат (энергетической субсидии). По мере уменьшения доступности и увеличения стоимости полезных ископаемых (горючего) становится все труднее обеспечивать агроэкосистемы дополнительной энергией.

Если рассматривать в целом продуктивность наземных экосистем, то выясняется важная закономерность. **Расположив сообщества в ряд от используемых человеком короткоживущих до зрелых, устойчивых, таких, как спелый хвойный лес в северных широтах, можно отметить, что чистая продуктивность, как первичная, так и сообщества, в начале ряда выше, а в конце почти равна нулю.** В качестве примера экосистемы с быстрым ростом часто приводится поле люцерны, где за короткое время получается высокий выход продукции. Мы уже знаем, что увеличение «выхода» возможно за счет уменьшения затрат на дыхание автотрофов и на жизнь потребителей (консументов). Уменьшение затрат на гетеротрофов развивалось и эволюционным путем. У растений образовывались защитные механизмы, такие, как природные инсектициды или целлюлозные структуры (шипы, колючки).

В сложившихся устойчивых сообществах с большой биомассой почти вся полученная при фотосинтезе энергия питательных веществ уходит на поддержание самой системы. Что не потребляют растения, то используют затем животные и микроорганизмы.

Многие ученые считают, что для того чтобы растущему населению вместе с домашними и дикими животными выжить, нужно уже сейчас позаботиться об увеличении продуктивности подходящих для этого мест. Даже если использовать только продукцию сельскохозяйственного производства, необходимо увеличить ее выход. Годовая продукция большинства сельскохозяйственных культур невелика, например, однолетние зерновые продуктивны лишь несколько месяцев. Повышение же урожая за счет таких культур, которые дают продукцию в течение всего года, может приблизить валовую продуктивность культурных экосистем к уровню лучших природных сообществ. Кроме того, большинство специалистов по сельскохозяйственной экологии считают, что слишком большое значение придается монокультуре однолетних растений. Даже простой здравый смысл

велит подумать об увеличении разнообразия культур, совмещении посевов, использовании многолетних видов.

### **ТЕМА: Биосфера – глобальная экосистема.**

Сегодняшняя экологическая обстановка на нашей планете оставляет желать лучшего, поэтому прежде всего стоит обратить внимание на взаимоотношения человечества и биосферы. Загрязнение биосферы – первопричина болезней и преждевременных смертей. Основная задача нашего времени – не допустить необратимых изменений, связанных с загрязнением окружающей среды. Общество постоянно развивается, но вместе с прогрессом растёт количественный и качественный характер загрязнения биосферы. Человечество в целом, а не отдельные страны должны позаботиться о создании системы охраны окружающей среды иначе просто придется жить в скафандре.

#### **Понятие «биосфера»**

Содержание понятия биосферы не всегда было однозначным. Первоначально биосферами называли гипотетические глобулы (видимо под влиянием идей французских учёных XVIII века П.Л.Мопертюи и особенно Ж. Л. Бюффона о бессмертных органических молекулах), якобы составляющие живую основу всех организмов. Такое понимание продержалось во Франции до середины века.

Существенно иное представление о биосфере сформулировал в 1875 г. австрийский геолог Э. Зюсс. В монографии «Происхождение Альп» Он говорит о «самостоятельной биосфере» как об особой оболочке Земли, образованной живыми организмами. В заключительной главе большого трехтомного труда «Лик Земли» (1909) этот автор пишет, что понятие «биосфера» возникло как следствие идей Ж. Ламарка и Ч. Дарвина о единстве органического мира.

С работ Зюсса датируется начало биологического представления о биосфере, как о совокупности организмов, населяющих Землю, как о живой оболочке планеты. Такого взгляда придерживались многие русские географы, например Н. М. Сибирцев (1899), Д. Н. Анучин (1902), П. И. Броунов (1910), А. А. Григорьев (1948), английский исследователь и философ Дж. Бернал (1969). Французские учёные Э. Леруа (1927) и П. Тейяр де Шарден (1965, 1969) также взяли за основу определение Зюсса, однако трактуют его в идеалистическом плане. Согласно Тейяру, биосфера – живой пласт планеты – одна из стадий воплощения Бога.

Представление Зюсса о биосфере как об особой оболочке земли использовал и В. И. Вернадский (1926), вложив в него, однако, существенно иное, биогеохимическое, содержание. Биосфера, по Вернадскому, - область распространения жизни, включающая наряду с организмами и среду их

обитания. Тейлор де Шарден в Сборнике статей «Будущее человека» (1969) выразил своё несогласие с подобной трактовкой, явно противоречащей его идеалистической концепции эволюции.

Разработка биогеохимического представления о биосфере была тесно связана с практической деятельностью В. И. Вернадского в Комиссии Академии наук по изучению естественных производственных сил России (начало 1915 г.).

Зачатки этого представления можно обнаружить уже в высказываниях ученых XVII и XVIII вв., в книге «Космос» А. Гумбольдта и Докучаева. В настоящее время оба понимания биосферы, по Зюссу и по Вернадскому, существуют. Н. В. Тимофеев-Ресовский предлагает говорить о биосфере в узком и широком понимании. Представляется более целесообразным употреблять это понятие, вкладывая в него смысл, приданный Вернадским, - область распространения жизни, используя для биосферы в «узком смысле» выражения: «совокупность организмов», «пленка жизни», «живой покров Земли», «биота», «биос».

Верхняя граница биосферы, по Вернадскому (1965), проходит на высоте 15-20 км, охватывая всю тропосферу и нижнюю часть стратосферы: озон находится у полюсов в слое 8 –30 км., в тропиках 15-35 км. Снизу Биосфера ограничена отложениями на дне океанов (до глубины свыше 10 км.) и глубиной проникновения в недра Земли организмов и воды в жидком состоянии. Подстилающая литосфера, верхняя стратосфера, ионосфера и космическое пространство служат биосфере средой. Основной энергетический источник, обеспечивающий функционирование биосферы, - лучистая энергия Солнца.

Таким образом, биосфера – это особая термодинамическая открытая оболочка Земли, вещество, энергетика и организация которой и обуславливаются взаимодействием её биотического и абиотического компонентов. Она, следовательно, включает совокупность организмов и их остатки, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населённые организмами и изменяемые их деятельностью.

Важнейшей функцией биосферы является регулярное, возрастающее во времени воссоздание живого вещества по численности, весу и количеству аккумулированной и удерживаемой энергии. Человек воспринимает эту функцию как биологическую продуктивность биосферы, её частей (океан, почвы, пресные воды) или её отдельных экосистем и биогеоценозов (дельты, луга, тайга, поля зерновых и т.д.).

## Организация биосферы.

Организованность биосферы – явление многоплановое. В самом крупном плане биосфера представляет собой единство живого и минеральных элементов, вовлечённых в сферу жизни. Существенная составная часть единства – биотический круговорот, основанный на взаимодействии организмов, создающих и разрушающих органическое вещество. При более детальном рассмотрении нетрудно обнаружить гетерогенность биотического круговорота, его более древнюю часть, составленную из одноклеточных синтетиков и деструкторов, и относительно позднюю надстройку из многоклеточных организмов.

Ещё более внимательный анализ показывает, что биосфера распределена по поверхности Земли неравномерно. В различных природных условиях она сформирована в виде относительно самостоятельных природных комплексов, получивших название экосистем, или биогеоценозов. Понятие «биогеоценоз» введено в науку советским ботаником Академиком В. Н. Сукачевым и означает сообщество организмов разных видов, обитающее в определённых природных условиях.

Каждый биогеоценоз, или экосистема, представляет собой своеобразную модель биосферы в миниатюре. Он, как правило, включает фотосинтетиков – хлорофиллоносные растения, создающие органическое вещество, гетеротрофов, живущих на созданной автотрофами органике, деструкторов, разрушающих органическое вещество тел растений и животных до минеральных элементов, а также субстрат с каким-то запасом минеральных элементов.

В зависимости особенностей субстрата, климата, исторических факторов формирования жизни биогеоценозы могут весьма существенно различаться. Известный американский эколог Е. Одум (1968), говоря об основных экосистемах мира, называет следующие экосистемы: моря, эстуарии и морские побережья, ручьи и реки, озёра и пруды, пресноводные болота, пустыни тундры, травянистые ландшафты, леса. Каждая из перечисленных Одумом крупных экосистем, характеризующаяся некоторыми специфическими особенностями, в свою очередь распадается на экосистемы, или биогеоценозы различных лесов - хвойных, лиственных, тропических, каждый из которых отличается своими особыми чертами и прежде всего характерным круговоротом вещества. Точно так же экосистема моря включает в свой состав биогеоценозы коралловых островов, весьма богатых жизнью.

Один из основателей экологии как самостоятельной науки, известный английский учёный Ч. Элтон (1960), обращает внимание на то, что разные биогеоценозы насыщены жизнью в разной степени. Как правило, бедны разнообразием видов организмов биогеоценозы Крайнего Севера, пустынь, особенно богаты видами биогеоценозы дождевых тропических лесов. Величина первичной продукции органического вещества в биогеоценозах,

наиболее богатых жизнью, превосходит продукцию биогеоценозов глубин океана более чем в 50 раз!

Живая часть биогеоценоза – биоценоз – складывается из популяций организмов, принадлежащих к разным видам. В распределении видов в составе биоценоза обнаруживаются интересные закономерности. Чем меньше вес организма, тем больше численность его особей (Э. Макфельден, 1965). Изучение частоты встречаемости представителей разных видов позволяет обнаружить другую более важную закономерность: Наибольшим распространением отличается сравнительно небольшое число видов. Так, например, по данным Э. Райса (1952), изучившего видовую структуру растительности высокотравной Оклахомы, 84 % травостоя было занято 9 видами, в то время как на долю остальных 20 видов приходилось 16 %.

В состав биоценозов входят, с одной стороны, высокоспециализированные виды, способные существовать только в условиях данного биоценоза, с другой – виды с более широким спектром потребностей. При существенных изменениях среды обитания первыми вымирают специализированные виды.

Во многих биоценозах наряду с видами, встречающимися в данном сообществе постоянно, имеются виды, входящие в состав либо на какой-то стадии развития, либо в течение ограниченного сезона. К первым принадлежат многие водные насекомые, живущие в водоёме на личиночной стадии и покидающие это местообитание во взрослом состоянии, например комары. Большую роль играют отношения типа паразит – хозяин. В последнее время открыта принципиально новая форма связей – передача наследственных особенностей от одних видов к другим с помощью бактериофагов и вирусов. Такая форма связи, по-видимому, широко распространена среди бактерий. Какую она играет роль во взаимодействии между другими членами биоценоза, пока ещё не достаточно ясно. Анализ структуры биосферы не заканчивается на биогеоценозах. Они, в свою очередь, состоят из популяций разнообразных видов, т.е. из качественно своеобразных форм организации живой материи, каждая из которых ведёт своё начало от общего предка. В биогеоценозе, таким образом, существуют популяции видов с разной историей; основа биогеоценоза полифилетична.

В организации биосферы как системы биогеоценозов снова находит своё выражение ***общий принцип формирования сложного из относительно простого:***

1. Имеется масса специфических компонентов – популяции отдельных видов.

2. Различные виды организмов не только способны образовывать связи друг с другом, они уже не могут существовать без этих связей.

3. Связи между организмами обеспечиваются в основном одним источником энергии – солнечным излучением. Каждый биогеоценоз – своеобразный трансформатор солнечной энергии в энергию биосинтезов.

4. Принцип разделения труда, достаточно хорошо выраженный в биогеоценозах, придаёт им черты целостности, относительной независимости существования и, как следствие этого, большей устойчивости.

5. Относительная независимость биоценозов друг от друга при условии конкуренции между ними за местообитание, вещество и энергию создаёт оптимальные условия для эволюций всей биосферы.

### **Биосфера и человечество**

Развитие человеческого общества ускоряется с каждым десятилетием. Интенсивно растёт численность населения планеты. Индустриализация сопровождается колоссальным потреблением природных ресурсов и глубокими изменениями природной среды. Распашка больших территорий суши, использование под пастбища, вырубка лесов, сооружение плотин и каналов, оросительных систем, обширные горно-геологические разработки, эрозия почв, применение удобрений, пестицидов, мелиорации, загрязнение почв, водоёмов и атмосферы индустриальными отходами и многие другие виды деятельности человека вносят в природу большие изменения, которые нарушают сложившиеся системы и отношения в биосфере Земли. Часто эти изменения имеют негативный и, что особенно опасно для будущего человечества, необратимый характер.

Подобные нарушения в биосфере Земли, её контаминация, перерасход её ресурсов губительны для всего живого, в том числе и для самого человечества.

Наступило время, когда государства, используя рекомендации современной науки, должны разрабатывать и планомерно осуществлять мероприятия по охране биосферы Земли и рациональному использованию и расширению воспроизводства её ресурсов. Рекомендация по охране и использованию ресурсов биосферы должны основываться на знании структуры, состава и механизмов поддержания устойчивого состояния биосферы.

Влияние присутствия и деятельности человека на облик планеты Земля на протяжении относительно короткого периода истории самого человека динамично и разнообразно. Однако для более ясного понимания временных и пространственных факторов стоит попытаться дать классификацию видов этого влияния. Мир до того, как человек научился использовать орудия труда и огонь, был невообразимо богат естественными органическими ресурсами. Но говорить так - всё равно, что ставить телегу впереди лошади, поскольку естественные ресурсы не бели ресурсами до тех пор, пока не появился человек и пока он не оказался в состоянии использовать их. Способность человека находить, добывать и использовать естественные ресурсы развивалась как непрерывный процесс. Мы убеждены, что изобретательность

человека опережает его мудрость. И мы не должны впадать в заблуждение и считать себя мудрыми сегодня только на том основании, что провозглашаем некоторые хорошие идеи, постоянно грозя при этом пальцем и отрицательно качая головой, как пророк Иеремия. Цивилизация есть цветок эволюции, но он не мог бы расцвести, если бы человек не имел времени думать и возможности гибко действовать, активно используя богатства окружающей среды для своей пользы.

Со времени зарождения цивилизации человек изменял окружающую среду, проникая в природную кладовую экосистем планеты. Даже разведение огня с помощью сухого дерева является отклонением от естественного процесса разложения и влечет за собой появление неорганического пепла. На протяжении долгого времени способности человека были ограничены, и он незначительно изменял окружающую его среду. Но уже с пришествием великого толчка, революции неолита, человек, охотясь, добывая пищу и используя огонь, начал существенно изменять мир. Об этом следует помнить, рассматривая влияние человека на биосферу. Это воздействие человека, как вида, выходит далеко за рамки его непосредственных контактов. Огонь распространялся и изменял растительные комплексы, костры использовались для того, чтобы выгонять стада диких животных, происходил расточительный расход органической материи на переходящие нужды. Этим человек изменял в определенной степени поведение диких животных, что приводило к медленному изменению и его самого и окружающей среды. Людей было так мало, а мир был настолько велик, что казалось бы странным, если бы человек философски задумался о судьбе природных ресурсов и своей собственной судьбе. Даже в нашем веке мы встречаем людей, гордо говорящих о завоевании дикой природы как о своём долге. Однако платой за создание цивилизации была утрата значительной части естественных богатств.

Наступит ли критическое время, когда человек осознает необходимость прекращения неприкрытой эксплуатации природы и необходимость добиваться равновесия между её эксплуатацией и восстановлением? Возможно, уже сегодня мы достигли этого момента, но планета ещё несет убытки. Сейчас мы опасаемся, сможем ли мы восстановить всё утраченное или последствия уже совершенного оставят свой неизгладимый след? Все люди имеют общее происхождение. Различные расы подвергались незначительным изменениям в исторические и доисторические времена в результате переселений, что было причиной воздействия на них различных окружающих факторов и заставило их вести различный образ жизни. Но в целом их генетическая природа остаётся в значительной степени такой же, как и сто тысяч лет назад. Более того, нет ни каких признаков, что она и изменится в значительной степени в ближайшем будущем, так как обычный процесс генетической эволюции протекает слишком медленно, хотя естественный отбор всё еще продолжает действовать. По этой причине человеческая жизнь может сохраняться только в сравнительно узких рамках

физических и химических границ, которые анатомической и физиологическим характеристикам вида *Homo sapiens*.

Тот факт, что современный человек постоянно меняет окружающую среду, создаёт впечатление, что он расширяет сферу своей биологической приспособляемости и таким образом освобождается от зависимости от своего эволюционного прошлого. Но это только иллюзия. Где бы он ни находился, что бы он ни делал, человек может функционировать только в той мере, в какой он поддерживает или создаёт вокруг себя микроокружение, подобное тому, в котором он эволюционировал. Он может пребывать на дне моря или в космическом пространстве, только если остаётся связанным с Землёй или находится в замкнутом пространстве. Он может существовать в среде, загрязнённой химическими веществами, «оглушенный» шумом, в среде излишне эмоционально возбуждающей, но сохраняет физическое и умственное здоровье только в том случае, если защищает себя с помощью средств, предохраняющих его от этих отравителей окружающей среды.

Несмотря на эти биологические ограничения, остаётся фактом, что человек сегодня обладает той же приспособляемостью, какой он обладал в поздний каменный век, когда он создал поселения почти на всей Земле.

При нормальных условиях биологическим механизмам приспособляемости оказывают сильную поддержку механизмы, которые не требуют никаких изменений в биологической природе человека. Во всём мире самые перенаселённые, загрязнённые и жестокие города обладают наибольшей притягательной силой, население их растёт быстрее всего. Экономическое богатство производится мужчинами и женщинами, работающими в условиях крайнего нервного напряжения, среди адского шума мощного оборудования, пишущих машинок и телефонов, в атмосфере, отравленной химическими испарениями или табачным дымом.

Поскольку человек обладает редкой способностью переносить условия, глубочайшим образом отличающиеся от тех, в которых он эволюционировал, родился миф о том, что он может бесконечно и безопасно менять свой образ жизни и своё окружение с помощью технических и социальных нововведений; однако это не так. Наоборот, то, что он быстро вырабатывает биологическую, социальную и культурную приспособляемость в связи с разными формами напряжения или неблагоприятными условиями, как это ни парадоксально, чревато опасностью для его личного благосостояния человеческого рода в будущем.

Здесь полезно подчеркнуть, что общепринятые биологические значения слова «приспособляемость» неприменимы без оговорок к процессу приспособляемости, который даёт возможность человеческим существам выжить и функционировать в условиях современной жизни. Причина состоит в том, что социально-культурные силы искажают проявление эволюционных адаптивных механизмов, которые действуют в остальной части животного царства.

Для биолога фраза «дарвиновская приспособляемость» подразумевает состояние приспособляемости к определённому окружению, что даёт

возможность животному виду размножаться и соответственно распространяться на новые территории. В соответствии с этим определением человек кажется удивительно приспособленным к условиям, существующим как в промышленно развитых, так и в слаборазвитых странах, ибо население растёт повсюду и распространяется по всему земному шару. Но то, что рассматривалось бы как «биологический» успех для животного вида, представляет собой серьёзную социальную угрозу для вида *Homo sapiens*. Опасности, которые возникают в связи с ростом населения Земли, говорят о том, что дарвиновское представление о приспособляемости не может быть применимо, когда благосостояние человеческого рода рассматривается как критерий приспособляемости.

С точки зрения физиолога, реакция на напряжение окружающей среды является проявлением приспособляемости, когда выражается в стремлении ослабить раздражающее влияние напряжения на тело и мозг. С физиологической и психологической точек зрения такие приспособительные реакции обычно способствуют благосостоянию организма в момент их проявления; однако у человека они обычно сопровождаются побочными явлениями, которые в конечном итоге вредны. Человек может выработать какую-то форму выносливости по отношению к загрязнению окружающей среды, чрезвычайному эмоциональному воздействию, чрезмерным и обострённым социальным контактам, отчуждению жизни от естественных биологических циклов и другим последствиям жизни в условиях городов и развитой техники. Эта выносливость позволяет ему преодолеть воздействия, которые являются неприятными и травматическими, когда он их впервые испытывает. Однако во многих случаях эта выносливость достигается ценой большого физического и психического напряжения, что в конечном итоге может привести к хроническим и дегенеративным расстройствам, которые обычно поражают людей среднего и пожилого возраста даже в самых процветающих странах.

Человек может выработать в себе привычку переносить уродливое окружение, дымное небо и загрязнённые водные потоки. Он может существовать даже полностью, не считаясь с космическим порядком биологических ритмов. Он может жить без благоухания цветов, без пения птиц, без вдохновляющего созерцания природы и без других биологических стимулов. Лишение его условий и стимулов, которые воздействовали на него в процессе биологической и умственной эволюции, может не оказать явного вредного воздействия на его физическую внешность или его способность работать в качестве части экономической или технической машины. Однако конечным результатом может быть (и часто бывает) обеднение жизни, постепенная потеря качеств, которые, по нашему мнению, характеризуют человеческую природу, и ослабление физического и умственного здоровья. Воздух, вода, почва, огонь, ритмы природы и многообразие живых существ представляют интерес не только как сочетания химических веществ, физические силы или биологические явления; они олицетворяют собой те самые формы воздействия, в которых оформилась человеческая жизнь и

возникли глубокие человеческие потребности, которые не изменятся в историческом будущем. Массовый выезд людей за город или на пляжи в выходные дни, камин в перегретых городских квартирах, сентиментальная привязанность к домашним животным или даже к растениям свидетельствует о том, что у человека продолжают существовать биологические и эмоциональные потребности, которые развились в период его эволюции и которые он не может преодолеть.

Как Антей в греческой легенде, человек теряет свою силу, когда его отрывают от земли.

Природа развивается по своим законам как единое взаимосвязанное целое. Объективный ход истории человечества привел к тому, что на мировой арене выступают суверенные политические образования – государства с различным социально-классовым строем.

В настоящее время человечество находится на таком критическом этапе взаимоотношений с природой, когда его дальнейший прогресс настоятельно требует от всех стран внедрения системы охраны природы, то есть научно-планового регулирования использования природных ресурсов в целях получения максимально возможной и устойчивой их продуктивности в настоящем и в будущем при сохранении наиболее благоприятной для человека естественной среды на благо всего общества.

Эта грандиозная задача не может быть решена за пределами международного равноправного и взаимовыгодного сотрудничества. Именно об этом свидетельствуют история и современное состояние позитивного международного права, значимость и сфера применения которого неуклонно расширяются, в частности, за счёт принципов и норм, регулирующих международные отношения в области «Общество – Природа». В наши дни, когда происходит бурное становление международно-правовой охраны природы, особо важное значение для её развития в интересах общества приобретает наука международного права. Она призвана прежде всего выявить круг причин, побуждающих страны сотрудничать друг с другом в области охраны естественных богатств мира, а также показать характер, пределы и перспективы международных природоохранительных отношений.

Конец второго тысячелетия завершился глобальным воздействием человечества на структуру и функции биосферы. Развеев миф о бесконечности и неисчерпаемости ресурсов биосферы – водных, биологических, минеральных и других. На любом участке суши или водоёма можно встретить «следы человечества». Нарушений «равновесий» в природе так много, что люди всё чаще задумываются над проблемой «человек и биосфера». Мощная и разветвленная индустрия, поглощая и перерабатывая много сырья, все сильнее загрязняет планету, размеры которой конечны. Значение обратных связей нарастает. Человечество уже испытывает на себе «ответный удар» загрязненной им биосферы. Погибли многие виды организмов, значение которых в механизме природы не было вовремя оценено, загрязняются пресные водоёмы, загрязнен воздух в городах (смоги),

синтетика всё больше вытесняет природные материалы; шумы и различные излучения (радиоволны, радиоактивность) существенно влияют на психику и здоровье людей.

Человек вышел в Космос, Ступил на Луну. Число проблем общечеловеческого и планетарного значения резко нарастает, а многие «победы» человека над природой нуждаются в переоценке. На Западе появляются панические прогнозы, созвучные мифу о «конце света». Проблемой номер один становятся здоровье человечества. Историческая ответственность за это лежит на капиталистическом обществе с характерными для него войнами, бесплановостью хозяйства, погоней за сверхприбылями.

Разрешение назревающего конфликта в системе «биосфера и человечество» люди видят в Науке и Мире. Только наращивая уровень знаний в естественных и гуманитарных науках и осмотрительно и активно внедряя их, человечество сможет, вопреки паническим прогнозам, не только приостановить загрязнение биосферы, но и во много раз увеличить использование ресурсов биосферы без подрыва производительности сил Земли. Один из путей мелиорации планеты состоит в широком использовании циклических процессов в производстве; создание замкнутых по воде циклов в промышленности – лекарство первой помощи.

Естественно, что без хорошо разработанной теории нельзя успешно решить ни один из вопросов проблемы «биосфера и человечество». Мы можем гордиться, что в нашей стране впервые в мире было создано фундаментальное учение о биосфере. Его создателем был выдающийся естествоиспытатель В. И. Вернадский. Опираясь на труды и идеи В. И. Вернадского, необходимо приступить к глубокой количественной разработке всех аспектов учения о биосфере и скорейшему внедрению их в практику

### **ТЕМА: Организм человека и основные проявления его жизнедеятельности**

**Жизнедеятельность** — совокупность процессов, протекающих в живом организме, служащих поддержанию в нём жизни и являющихся проявлениями жизни.

Для жизнедеятельности характерен обмен веществ и поддержание гомеостаза. Жизнедеятельность может заключаться как в активном перемещении в пространстве для поддержания обмена веществ и более сложных действиях, так и в неподвижном существовании с обменом питательными веществами со внешней средой.

Жизнедеятельность организма поддерживается биологическими процессами, составленными из некоторого числа химических, физико-химических и электро-химических реакций, обуславливающих трансформацию их элементов.

Жизнедеятельность человека — это способ его существования, и нормальная повседневная деятельность и отдых. Жизнедеятельность протекает в постоянном контакте со средой обитания. Комфортными называются такие параметры окружающей среды, которые позволяют создать наилучшие для человека условия жизнедеятельности.

В процессе своей деятельности человек находится в связи со всеми элементами своей среды обитания, которую можно разделить на бытовую и производственную.

В производственной среде обитания человек, взаимодействуя с машинами и другими людьми трудом добывает себе средства существования. Физический труд происходит за счёт мышечной деятельности. Мышечная деятельность делится на

- *динамическую* — переменное мышечное усилие с изменением длины мышцы и изменением положения тела,
- *статическую* — постоянное усилие без изменения длины мышцы.

При статической нагрузке мышцы долгое время находятся в одном состоянии, и, по сравнению с динамической нагрузкой, когда происходит чередование сокращений и расслаблений мышц, является более утомительной. При возбуждении мышц происходит превращение потенциальной энергии питательных веществ (углеводы, жиры и белки) и кислорода в работу с выделением тепла.

В бытовой среде можно выделить как неспецифические для человека функции (питание и выделение), так и специфичные для некоторых млекопитающих (сон, секс для удовольствия).

*Организм* — слаженная единая саморегулирующаяся и саморазвивающаяся биологическая система, функциональная деятельность которой обусловлена взаимодействием психических, двигательных и вегетативных реакций на воздействия окружающей среды, которые могут быть как полезными, так и пагубными для здоровья. В основе жизнедеятельности организма лежит процесс *автоматического* поддержания жизненно важных факторов на необходимом уровне, всякое отклонение от которого ведет к немедленной мобилизации механизмов, восстанавливающих этот уровень (гомеостаз).

*Гомеостаз* — совокупность реакций, обеспечивающих поддержание или восстановление относительно динамического постоянства внутренней среды и некоторых физиологических функций организма человека (кровообращения, обмена веществ, терморегуляции и др.). Этот процесс обеспечивается сложной системой координированных приспособительных механизмов, направленных на устранение или ограничение факторов, воздействующих на организм как из внешней, так и из внутренней среды. Постоянство физико-химического состава внутренней среды поддерживается благодаря *саморегуляции* обмена веществ, кровообращения, пищеварения, дыхания, выделения и других физиологических процессов.

*Организм* — сложная биологическая система. Все его органы связаны между собой и взаимодействуют. Эти процессы происходят благодаря регуляторным механизмам, осуществляющим свою деятельность через нервную, кровеносную, дыхательную, эндокринную и другие системы организма.

### **Анатомо-морфологические особенности и основные физиологические функции организма**

*Организм* — единая, целостная, сложно устроенная саморегулирующаяся живая система, состоящая из органов и тканей. Органы построены из тканей, ткани состоят из клеток и межклеточного вещества. *Клетка* — элементарная, универсальная единица живой материи — имеет упорядоченное строение, обладает возбудимостью и раздражимостью, участвует в обмене веществ и энергии, способна к росту, регенерации (восстановлению), размножению, передаче генетической информации и приспособлению к условиям среды. Совокупность клеток и межклеточного вещества, имеющих общее происхождение, одинаковое строение и функции, называется *тканью*. По морфологическим и физиологическим признакам различают четыре вида ткани: эпителиальную соединительную, мышечную и нервную.

*Орган* — это часть целостного организма, обусловленная в виде комплекса тканей, сложившегося в процессе эволюционного развития и выполняющего определенные специфические функции. В создании каждого органа участвуют все четыре вида тканей, но лишь одна из них является рабочей. Так, для мышцы основная рабочая ткань — мышечная, для печени — эпителиальная, для нервных образований — нервная. Совокупность органов, выполняющих общую для них функцию, называют *системой органов* (пищеварительная, дыхательная, сердечно-сосудистая, половая, мочевиная и др.) и *аппаратом органов* (опорно-двигательный, эндокринный, вестибулярный и др.).

### **Функциональные системы организма**

*Скелет* — комплекс костей, различных по форме и величине. У человека более 200 костей (85 парных и 36 непарных), которые в зависимости от формы и функции делятся на: *трубчатые* (кости конечностей); *губчатые* (выполняют в основном защитную и опорную функции — ребра, грудина, позвонки и др.); *плоские* (кости черепа, таза, поясов конечностей); *смешанные* (основание черепа). При систематическом выполнении значительных по объему и интенсивности статических и динамических упражнений кости становятся более массивными.

Скелет человека состоит из позвоночника, черепа, грудной клетки, поясов конечностей и скелета свободных конечностей. Все кости скелета соединены посредством суставов, связок и сухожилий. *Суставы* —

подвижные соединения, область соприкосновения костей в которых покрыта суставной сумкой из плотной соединительной ткани, срастающейся с надкостницей сочленяющихся костей. *Опорно-двигательный аппарат* состоит из костей, связок, мышц, мышечных сухожилий. Основные функции — опора и перемещение тела и его частей в пространстве.

Мышечная система представлена двумя видами мускулатуры: гладкая (непроизвольная) и поперечно-полосатая (произвольная). Гладкие мышцы расположены в стенках кровеносных сосудов и некоторых внутренних органах. Они сужают или расширяют сосуды, продвигают пищу по желудочно-кишечному тракту, сокращают стенки мочевого пузыря. Поперечно-полосатые мышцы — это все скелетные мышцы, которые обеспечивают многообразные движения тела.

*Скелетные мышцы* входят в структуру опорно-двигательного аппарата, крепятся к костям скелета и при сокращении приводят в движение отдельные звенья скелета, рычаги. Они участвуют в удержании положения тела и его частей в пространстве, обеспечивают движения при ходьбе, беге, жевании, глотании, дыхании и т.д., вырабатывая при этом тепло. Скелетные мышцы обладают способностью возбуждаться под влиянием нервных импульсов. Возбуждение проводится до сократительных структур (миофибрилл), которые, сокращаясь, выполняют определенный двигательный акт — движение или напряжение.

В процессе мышечного сокращения потенциальная химическая энергия переходит в потенциальную механическую энергию напряжения и кинетическую энергию движения.

Сокращение и напряжение мышцы осуществляется за счет энергии, освобождающейся при химических превращениях, которые происходят при поступлении в мышцу нервного импульса или нанесении на нее непосредственного раздражения. Химические превращения в мышце протекают как *при наличии кислорода* (в аэробных условиях), так и *при его отсутствии* (в анаэробных условиях). Первичным источником энергии для сокращения мышцы служит расщепление АТФ. Из каждой грамм-молекулы АТФ освобождается 10 000 кал. Запасы АТФ в мышце незначительны и, чтобы поддерживать их деятельность, необходим непрерывный ресинтез АТФ. Он происходит за счет энергии, получаемой при распаде креатинфосфата (КрФ) на креатин (Кр) и фосфорную кислоту (анаэробная фаза). При этом на каждый моль КрФ освобождается 46 кДж.

*Кровь* — жидкая ткань, циркулирующая в кровеносной системе и обеспечивающая жизнедеятельность клеток и тканей организма в качестве органа и физиологической системы. Она состоит из *плазмы* (55—60%) и взвешенных в ней *форменных элементов*: эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов и других веществ (40—45%); имеет слабощелочную реакцию (7,36 рН).

*Эритроциты* — красные кровяные клетки заполнены особым белком — гемоглобином, который способен образовывать соединение с кислородом (оксигемоглобин) и транспортировать его из легких к тканям, а из тканей

переносить углекислый газ к легким, осуществляя таким образом дыхательную функцию. *Лейкоциты* — белые кровяные тельца, выполняют защитную функцию, уничтожая инородные тела и болезнетворные микробы (фагоцитоз). В 1 мл крови содержится 6—8 тыс. лейкоцитов. *Тромбоциты* (а их содержится в 1 мл от 100 до 300 тыс.) играют важную роль в сложном процессе свертывания крови. В плазме крови растворены гормоны, минеральные соли, питательные и другие вещества, которыми она снабжает ткани, а также содержатся продукты распада, удаленные из тканей.

*Сердечно-сосудистая система* состоит из сердца и кровеносных сосудов. *Сердце* — главный орган кровеносной системы — представляет собой полый мышечный орган, совершающий ритмические сокращения, благодаря которым происходит процесс кровообращения в организме. Деятельность сердца заключается в ритмичной смене сердечных циклов, состоящих из трех фаз: сокращения предсердий, сокращения желудочков и общего расслабления сердца.

*Пульс* — волна колебаний, распространяемая по эластичным стенкам артерий в результате гидродинамического удара порции крови, выбрасываемой в аорту под большим давлением при сокращении левого желудочка. Частота пульса соответствует частоте сокращений сердца. В покое пульс здорового человека равен 60—70 удар/мин.

*Кровяное давление* создается силой сокращения желудочков сердца и упругостью стенок сосудов. Оно измеряется в плечевой артерии. Различают максимальное (или систолическое) давление, которое создается во время сокращения левого желудочка (систола), и минимальное (или диастолическое) давление, которое отмечается во время расслабления левого желудочка (диастола). В норме у здорового человека в возрасте 18—40 лет в покое кровяное давление равно 120/70 мм рт.ст. (120 мм систолическое•давление, 70 мм — диастолическое).

*Дыхательная система* включает в себя *носовую полость, гортань, трахею, бронхи и легкие*. В процессе дыхания из атмосферного воздуха через альвеолы легких в организм постоянно поступает кислород, а из организма выделяется углекислый газ. Трахея в нижней своей части делится на два бронха, каждый из которых, входя в легкие, древовидно разветвляется. Конечные мельчайшие разветвления бронхов (бронхиолы) переходят в закрытые альвеолярные ходы, в стенках которых имеется большое количество шаровидных образований — легочных пузырьков (альвеол). Каждая альвеола окружена густой сетью капилляров. Общая поверхность всех легочных пузырьков очень велика, она в 50 раз превышает поверхность кожи человека и составляет более 100 м<sup>2</sup>. Процесс дыхания — это целый комплекс физиологических и биохимических процессов, в реализации которых участвует не только дыхательный аппарат, но и система кровообращения.

*Пищеварительная система* состоит из *ротовой полости, слюнных желез, глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника, печени и поджелудочной железы*. В этих органах пища механически и

химически обрабатывается, перевариваются поступающие в организм пищевые вещества и всасываются продукты пищеварения.

*Выделительную систему образуют почки, мочеточники и мочевой пузырь*, которые обеспечивают выделение из организма с мочой вредных продуктов обмена веществ (до 75%). Кроме того, некоторые продукты обмена выделяются через кожу (с секретом потовых и сальных желез), легкие (с выдыхаемым воздухом) и через желудочно-кишечный тракт. С помощью почек в организме поддерживается кислотно-щелочное равновесие (рН), необходимый объем воды и солей, стабильное осмотическое давление (т.е. гомеостаз).

*Нервная система* состоит из *центрального* (головной и спинной мозг) и *периферического* отделов (нервов, отходящих от головного и спинного мозга и расположенных на периферии нервных узлов). Центральная нервная система координирует деятельность различных органов и систем организма и регулирует эту деятельность в условиях изменяющейся внешней среды по механизму рефлекса. Процессы, протекающие в центральной нервной системе, лежат в основе всей психической деятельности человека.

*Железы внутренней секреции*, или эндокринные железы, вырабатывают особые биологические вещества — *гормоны*. Термин “гормон” происходит от греческого “*horizo*” — побуждаю, возбуждаю. Гормоны обеспечивают гуморальную (через кровь, лимфу, межтканевую жидкость) регуляцию физиологических процессов в организме, попадая во все органы и ткани. Часть гормонов продуцируется только в определенные периоды, большинство же — на протяжении всей жизни человека. Они могут тормозить или ускорять рост организма, половое созревание, физическое и психическое развитие, регулировать обмен веществ и энергии, деятельность внутренних органов. К железам внутренней секреции относят: *щитовидную, околотщитовидные, зобную, надпочечники, поджелудочную, гипофиз, половые железы* и ряд других.

### **Внешняя среда и ее воздействие на организм и жизнедеятельность человека**

На человека воздействуют различные факторы окружающей среды. При изучении многообразных видов его деятельности не обойтись без учета влияния *природных факторов* (барометрическое давление, газовый состав и влажность воздуха, температура окружающей среды, солнечная радиация — так называемая физическая окружающая среда), *биологических факторов* растительного и животного окружения, а также *факторов социальной среды* с результатами бытовой, хозяйственной, производственной и творческой деятельности человека.

Из внешней среды в организм поступают вещества, необходимые для его жизнедеятельности и развития, а также раздражители (полезные и вредные), которые нарушают постоянство внутренней среды. Организм

путем взаимодействия функциональных систем всячески стремится сохранить необходимое постоянство своей внутренней среды.

Природные и социально-биологические факторы, влияющие на организм человека, неразрывно связаны с вопросами экологического характера. *Экология* — это и область знания, и часть биологии, и учебная дисциплина, и комплексная наука. Человек зависит от условий среды обитания точно также, как природа зависит от человека. Между тем влияние производственной деятельности на окружающую природу (загрязнение атмосферы, почвы, водоемов отходами производства, вырубка лесов, повышенная радиация в результате аварий и нарушении технологий) ставит под угрозу существование самого человека. Экологические проблемы напрямую связаны с процессом организации и проведения систематических занятий физическими упражнениями и спортом, а также с условиями, в которых они происходят.

### **Функциональная активность человека и взаимосвязь физической и умственной деятельности**

*Функциональная активность человека* характеризуется различными двигательными актами: сокращением мышцы сердца, передвижением тела в пространстве, движением глазных яблок, глотанием, дыханием, а также двигательным компонентом речи, мимики.

Понятие “труд” включает различные его виды. Между тем существуют два основных вида трудовой деятельности человека — физический и умственный труд и их промежуточные сочетания.

*Физический труд* — это вид деятельности человека, особенности которой определяются комплексом факторов, отличающих один вид деятельности от другого, связанного с наличием каких-либо климатических, производственных, физических, информационных и тому подобных факторов. Выполнение физической работы всегда связано с определенной тяжестью труда, которая определяется степенью вовлечения в работу скелетных мышц и отражающая физиологическую стоимость преимущественно физической нагрузки. По степени тяжести различают физически легкий труд, средней тяжести, тяжелый и очень тяжелый. Критериями оценки тяжести труда служат эргометрические показатели (величины внешней работы) и физиологические (уровни энергозатрат, частота сердечных сокращений, иные функциональные изменения).

*Умственный труд* — это деятельность человека по преобразованию сформированной в его сознании концептуальной модели действительности путем создания новых понятий, суждений, умозаключений, а на их основе — гипотез и теории. Результат умственного труда — научные и духовные ценности или решения, которые посредством управляющих воздействий на орудия труда используются для удовлетворения общественных или личных потребностей.

Одна из важнейших характеристик личности — *интеллект*. Другой, не менее важной стороной личности является эмоционально-волевая сфера, темперамент и характер. Возможность регулировать формирование личности достигается тренировкой, упражнением и воспитанием. А систематические занятия физическими упражнениями.

Ежедневная утренняя зарядка, прогулка или пробежка на свежем воздухе благоприятно влияют на организм, повышают тонус мышц, улучшают кровообращение и газообмен, а это положительно влияет на повышение умственной работоспособности студентов.

### **Утомление при физической и умственной работе. Восстановление**

*Утомление* — это функциональное состояние, временно возникающее под влиянием продолжительной и интенсивной работы и приводящее к снижению ее эффективности. Утомление проявляется в том, что уменьшается сила и выносливость мышц, ухудшается координация движений, возрастают затраты энергии при выполнении работы одинакового характера, замедляется скорость переработки информации, ухудшается память, затрудняется процесс сосредоточения и переключения внимания, усвоения теоретического материала. Утомление связано, с ощущением *усталости*, и в то же время оно служит естественным сигналом возможного истощения организма и предохранительным биологическим механизмом, защищающим его от перенапряжения.

Утомление наступает при физической и умственной деятельности. Оно может быть *острым*, т.е. проявляться в короткий промежуток времени, и *хроническим*, т.е. носить длительный характер (вплоть до нескольких месяцев): *общим*, т.е. характеризующим изменение функций организма в целом, и *локальным*, затрагивающим какую-либо ограниченную группу мышц, орган, анализатор. Различают две фазы утомления: *компенсированную* (когда нет явно выраженного снижения работоспособности из-за того, что включаются резервные возможности организма) и *некомпенсированную* (когда резервные мощности организма исчерпаны и работоспособность явно снижается). Систематическое выполнение работы на фоне недовосстановления, непродуманная организация труда, чрезмерное нервно-психическое и физическое напряжение могут привести к *переутомлению*, а, следовательно, к *перенапряжению* нервной системы, обострениям сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической и язвенным болезням, снижению защитных свойств организма. Физиологической основой всех этих явлений является нарушение баланса возбуждительно-тормозных нервных процессов. Умственное переутомление особенно опасно для психического здоровья человека, оно связано со способностью центральной нервной системы долго работать с перегрузками, а это в конечном итоге может привести к развитию

запредельного торможения, к нарушению слаженности взаимодействия вегетативных функций.

Устранить утомление возможно, повысив уровень общей и специализированной тренированности организма, оптимизировав его физическую, умственную и эмоциональную активность.

Профилактике и отдалению умственного утомления способствует мобилизация тех сторон психической активности и двигательной деятельности, которые не связаны с теми, что привели к утомлению. Необходимо активно отдыхать, переключаться на другие виды деятельности, использовать арсенал средств восстановления.

*Восстановление* — процесс, происходящий в организме после прекращения работы и заключающийся в постепенном переходе физиологических и биохимических функций к исходному состоянию. Время, в течение которого происходит восстановление физиологического статуса после выполнения определенной работы, называют *восстановительным периодом*. Схематически процесс восстановления можно представить в виде трех взаимодополняющих звеньев: 1) устранение изменений и нарушений в системах нейрогуморального регулирования; 2) выведение продуктов распада, образующихся в тканях и клетках работавшего органа, из мест их возникновения; 3) устранение продуктов распада из внутренней среды организма.

### **Биологические ритмы и работоспособность**

*Биологические ритмы* — регулярное, периодическое повторение во времени характера и интенсивности жизненных процессов, отдельных состояний или событий. В той или иной мере биоритмы присущи всем живым организмам. Они характеризуются периодом, амплитудой, фазой, средним уровнем, профилем и делятся на *экзогенные* (вызванные воздействием окружающей среды) и *эндогенные* (обусловленные процессами в самой живой системе). Существуют биоритмы клеток, органа, организма, сообщества. По выполняемой функции биологические ритмы делят на *физиологические* — рабочие циклы, связанные с деятельностью отдельных систем (дыхание, сердцебиение) и *экологические*, или *адаптивные*, служащие для приспособления организма к периодичности окружающей среды (например, зима — лето). Период (частота) физиологического ритма может изменяться в широких пределах в зависимости от степени функциональной нагрузки (от 60 удар/мин сердца в покое до 180—200 удар/мин при выполнении работы); период экологических ритмов сравнительно постоянен, закреплен генетически (т.е. связан с наследственностью), в естественных условиях захвачен циклами окружающей среды, выполняет функцию “биологических часов”.

Все органы и функциональные системы организма имеют собственные ритмы, измеряемые в секундах, часах, неделях, месяцах и годах. Взаимодействуя друг с другом, биоритмы отдельных органов и систем

образуют упорядоченную систему ритмических процессов, которая и организует деятельность целостного организма во времени.

Знание и рациональное использование биологических ритмов может существенно помочь в процессе подготовки и в выступлениях на соревнованиях.

### **Гипокинезия и гиподинамия**

*Гипокинезия* — особое состояние организма, обусловленное недостаточностью двигательной активности. В ряде случаев это состояние приводит к гиподинамии. *Гиподинамия* — совокупность отрицательных морфофункциональных изменений в организме вследствие длительной гипокинезии. Это атрофические изменения в мышцах, общая физическая детренированность, детренированность сердечно-сосудистой системы, понижение ортостатической устойчивости, изменение водно-солевого баланса, системы крови, деминерализация костей и т.д. В конечном счете, снижается функциональная активность органов и систем, нарушается деятельность регуляторных механизмов, обеспечивающих их взаимосвязь, ухудшается устойчивость к различным неблагоприятным факторам; уменьшается интенсивность и объем афферентной информации, связанной с мышечными сокращениями, нарушается координация движений, снижается тонус мышц, падает выносливость и силовые показатели.

### **Средства физической культуры, обеспечивающие устойчивость к умственной и физической работоспособности**

Основное *средство* физической культуры — *физические упражнения*. Существует физиологическая классификация упражнений, в которой вся многообразная мышечная деятельность объединена в отдельные группы упражнений по *физиологическим* признакам.

Устойчивость организма к неблагоприятным факторам зависит от врожденных и приобретенных свойств. Физическая тренировка путем совершенствования физиологических механизмов повышает устойчивость к перегреванию, переохлаждению, гипоксии, действию некоторых токсических веществ, снижает заболеваемость и повышает работоспособность. Тренированные лыжники при охлаждении их тела до 35°C сохраняют высокую работоспособность. Если нетренированные люди не в состоянии выполнять работу при подъеме их температуры до 37—38°C, то тренированные успешно справляются с нагрузкой даже тогда, когда температура их тела достигает 39°C и более.

У людей, которые систематически и активно занимаются физическими упражнениями, повышается психическая, умственная и эмоциональная устойчивость при выполнении напряженной умственной или физической деятельности.

К числу основных *физических* (или *двигательных*) *качеств*, обеспечивающих высокий уровень физической работоспособности человека, относят *силу, быстроту и выносливость*, которые проявляются в определенных соотношениях в зависимости от условий выполнения той или иной двигательной деятельности, ее характера, специфики, продолжительности, мощности и интенсивности. К названным физическим качествам следует добавить *гибкость и ловкость*, которые во многом определяют успешность выполнения некоторых видов физических упражнений. Многообразие и специфичность воздействия упражнений на организм человека можно понять, ознакомившись с *физиологической классификацией физических упражнений* (с точки зрения спортивных физиологов). В основу ее положены определенные физиологические классификационные признаки, которые присущи всем видам мышечной деятельности, входящим в конкретную группу. Так, по характеру мышечных сокращений *работа мышц* может носить *статический* или *динамический* характер. Деятельность мышц в условиях сохранения неподвижного положения тела или его звеньев, а также упражнение мышц при удержании какого-либо груза без его перемещения характеризуется как *статическая работа* (статическое усилие). Статическими усилиями характеризуется поддержание разнообразных поз тела, а усилия мышц при *динамической работе* связаны с перемещениями тела или его звеньев в пространстве.

Есть также большая группа физических упражнений, особенность которых в *нестандартности, непостоянстве* условий их выполнения, в меняющейся ситуации, требующей мгновенной двигательной реакции (единоборства, спортивные игры). Две большие группы физических упражнений, связанные со стандартностью или нестандартностью движений, в свою очередь, делятся на упражнения (движения) *циклического* характера (ходьба, бег, плавание, гребля, передвижения на коньках, лыжах, велосипеде и т.п.) и упражнения *ациклического* характера (упражнения без обязательной слитной повторяемости определенных циклов, имеющих четко выраженные начало и завершение движения: прыжки, метания, гимнастические и акробатические элементы, поднимание тяжестей). Общее для движений циклического характера состоит в том, что все они представляют работу *постоянной и переменной* *мощности* с различной продолжительностью.

К *средствам* физической культуры относятся не только физические упражнения, но и *оздоровительные силы природы* (солнце, воздух и вода), *гигиенические факторы* (режим труда, сна, питания, санитарно-гигиенические условия). Использование оздоровительных сил природы способствует укреплению и активизации защитных сил организма стимулирует обмен веществ и деятельность физиологических систем и отдельных органов.