**Лекция. Важнейшие абиотические факторы среды и адаптация к ним организмов.**

**План лекции.**

1. Температура.
2. Свет.
3. Влажность.
4. Прочие абиотические факторы среды.
5. **Температура**

*Абиотический,* или неживой, компонент среды подразделяется на климатические, почвенные, топографические и другие физические факторы, в том числе воздействие волн, морских течений, огня и т. д.

*Тепловой режим —* важнейшее условие существования живых организмов, так как все физиологические процессы в них возможны при определенных условиях. *Температура* отражает среднюю кинетическую скорость атомов и молекул в какой-либо системе. От температуры зависит скорость в организме биохимических реакций, составляющих обмен веществ.

Главным источником тепла является солнечное излучение. Сила и характер воздействия солнечного излучения зависят от географического положения и являются важными факторами, определяющими климат региона. Климат же определяет наличие и обилие видов растений и животных в данной местности.

Температурный фактор характеризуется ярко выраженными как сезонными, так и суточными колебаниями. В ряде районов Земли это действие фактора имеет важное сигнальное значение в регуляции сроков активности организмов, обеспечении их суточного и сезонного режимов жизни.

При характеристике температурного фактора очень важно учитывать его крайние показатели, продолжительность их действия, повторяемость. Выходящие за пределы терпимости организмов изменения температуры в местах обитания приводят к массовой их гибели. Значение температуры заключается и в том, что она изменяет скорость протекания физико-химических процессов в клетках, отражающихся на всей жизнедеятельности организмов. Температура влияет на анатомо-морфологические особенности организмов, ход физиологических процессов, их рост, развитие, поведение и во многих случаях определяет географическое распространение растений и животных.

Как к экологическому фактору, по отношению к температуре все организмы подразделяются на две группы: *холодолюбивые* и *теплолюбивые.* Холодолюбивые организмы, или *криофилы,* способны жить в условиях сравнительно низких температур и не выносят высоких. Криофилы могут сохранять активность при температуре клеток до -8 и -10 °С, когда жидкости их тела находятся в переохлажденном виде. Характерно для представителей разных групп, например бактерий, грибов, моллюсков, членистоногих, червей и др. Криофилы населяют холодные и умеренные зоны. Холодостойкость растений весьма различна и зависит от условий, в которых они обитают.

Так, древесные и кустарниковые породы Якутии не вымерзают при -70°С, в Антарктиде при такой же температуре обитают лишайники, отдельные виды водорослей, ногохвостки, пингвины. В лабораторных экспериментах семена, споры и пыльца растений, коловратки, нематоды, цисты простейших после обезвоживания переносят температуры, близкие к абсолютному нулю, т.е. до -271,16 °С, возвращаясь после этого к активной жизни. Приостановка всех жизненных процессов организма называется *анабиозом.* Из анабиоза живые организмы возвращаются к нормальной жизни при условии, если не была нарушена структура макромолекул в их клетках.

У теплолюбивых, или *термофилов,* жизнедеятельность приурочена к условиям довольно высоких температур. Это преимущественно обитатели жарких, тропических районов Земли. Среди многочисленных беспозвоночных (насекомые, паукообразные, моллюски, черви), холодно- и теплокровных позвоночных имеется много видов и целый отряд, обитающие исключительно в тропиках. Настоящими термофилами являются растения жарких тропических районов. Они не переносят низких температур и нередко гибнут уже при 0 °С, хотя физического замораживания их тканей и не происходит. Причинами гибели здесь обычно называют нарушение обмена веществ, подавление физиологических процессов, что приводит к образованию в растениях не свойственных им продуктов, в том числе и вредных, вызывающих отравление.

Многие организмы обладают способностью переносить очень высокие температуры. Например, некоторые виды жуков и бабочек, пресмыкающие выдерживают температуру до 45—50 °С. В горячих источниках Калифорнии при температуре 52 °С обитает рыбка пятнистой ципринодон, в водах горячих ключей на Камчатке постоянно живут сине-зеленые водоросли при температуре 75—80 °С, верблюжья колючка переносит нагревание воздуха до 70 °С. Таким образом, общие закономерности воздействия температуры на живые организмы проявляются в их способности существовать в определенном диапазоне температуры. Этот диапазон ограничен *нижней* летальной (смертельной) и *верхней* летальной температурой.

Температура, наиболее благоприятная для жизнедеятельности и роста, называется *оптимальной*.

Температурный оптимум большинства живых организмов находится в пределах 20—25 С, и лишь у обитателей жарких, сухих районов температурный оптимум жизнедеятельности находится несколько выше 25—28°С. Например, некоторые прямокрылые (кузнечики) проявляют полуденную активность в условиях пустыней Палестины при температуре 40°С и выше.

Для организмов умеренных и холодных зон России оптимальные температуры от 10 до 20°С. Так, у ветреницы дубравной процесс фотосинтеза наиболее интенсивно протекает при 10°С.

В зависимости от ширины интервала температуры, в которой данный вид может существовать, организмы делятся на *эвритермные* и *стенотермные.* Эвритермные организмы выдерживают широкие колебания температуры, стенотермные живут лишь в узких пределах.

К эвритермным относится большинство организмов районов с континентальным климатом. Многие из них имеют покоящие стадии, переносящие особенно широкий диапазон температуры (покоящиеся яйца, цисты, куколки насекомых, находящиеся в состоянии анабиоза, взрослые животные, споры бактерий, семена растений).

Беспозвоночные, рыбы, амфибии и рептилии лишены способности поддерживать температуру тела в узких границах. Их называют *пойкилотермными* (от греч. poikilos — разный). Данных животных часто называют также *эктотермными,* так как они больше зависят от тепла, поступающего извне, чем от того тепла, которое образуется в обменных процессах. Характерна низкая интенсивность обмена и отсутствие механизма сохранения тепла.

Птицы и млекопитающие способны поддерживать достаточно постоянную температуру тела независимо от окружающей температуры. Этих животных называют *гомойотермными* (от греч. homoios — подобный). Гомойотермные животные относительно мало зависят от внешних источников тепла. Благодаря высокой интенсивности обмена у них вырабатывается достаточное количество тепла, которое может сохраняться. Поскольку эти животные существуют за счет внутренних источников тепла, их называют в настоящее время чаще *эндотермными.*

Растения и животные в ходе длительного эволюционного развития, приспосабливаясь к периодическим изменениям температурных условий, выработали в себе различную потребность к теплу в разные периоды жизни. Например, прорастание семян растений происходит при более низких температурах, чем последующий их рост. В период цветения растениям, как правило, необходимо больше тепла, чем в период созревания семян, плодов. Томаты лучше растут и развиваются, когда температура днем 25—26 °С, ночью 17—18°С. Температурный оптимум живых организмов зависит и от других экологических факторов. Установлено, что при полном освещении и избытке углекислого газа в воздухе оптимальная температура фотосинтеза 30 °С, а при слабом освещении и недостатке углекислого газа она снижается до 10°С.

При характеристике температуры необходимо различать температуру воздуха и температуру почвы, разность между ними. Для растений это особенно важно, так как они способны поглощать питательные вещества из почвы при условии, если температура почвы будет на несколько градусов ниже температуры воздуха. Например, гречиха достигает наилучшего развития, когда температура близ корней равна 10°С, а у надземных частей 22°С. При температуре почвы и воздуха 22°С состояние растений резко ухудшается, и они не дают цветков. При дальнейшем повышении температуры почвы до 34°С, когда надземные органы остаются при 22°С, у растений наблюдается отмирание верхушек почек, стеблей, а впоследствии погибает все растение.

При оптимальных температурах у всех организмов физиологические процессы протекают наиболее интенсивно, что способствует увеличению темпов их роста.

При температурах выше или ниже оптимальных скорость биохимических реакций в организме снижается или вообще нарушается. И как итог — замедление темпов роста и даже гибель организма.

Живые организмы в процессе эволюции выработали различные формы адаптации к температуре, среди них морфологические, биохимические, физиологические, поведенческие и т. д. Растения не имеют собственной температуры тела и по отношению к тепловому фактору обладают определенной спецификой. Одно из важнейших приспособлений к температуре у растений — форма их роста. Там, где тепла мало — в Арктике, в высокогорье, много подушковидных растений, растений с прикорневыми розетками листьев, стелющихся форм. Так, у стланцевых форм карликовой березы, ели, можжевельника и кедровника верхние ветви, поднимающиеся высоко над землей, большей частью полумертвые или мертвые, а стелющиеся — живые, так как зимуют под снегом и не подвергаются отрицательному воздействию низких температур. Все это позволяет растениям улавливать максимум тепла солнечных лучей, а также использовать тепло нагретой поверхности почвы.

Сильные холода и чрезвычайная жара нередко ограничены во времени, и растения избегают их воздействия, сбрасывая чувствительные части, или редуцируют свое вегетативное тело до подземных многолетних органов. При наступлении благоприятных условий они вновь образуют надземные органы. Здесь важно знать и устойчивость к температуре различных органов с учетом их функций. Особенно чувствительны к низким температурам (холоду) *репродуктивные органы —* зачатки цветков в зимующих почках и завязи в цветках.

Распространена у растений жарких мест способность впадать в состояние вынужденного покоя.

У животных морфологические адаптации к температуре прослеживаются четко. Под действием теплового фактора у животных формируются такие морфологические признаки, как отражательная поверхность тела, пуховой, перьевой и шерстный покровы у птиц и млекопитающих, жировые отложения. Большинство насекомых в Арктике и высоко в горах имеет темную окраску. Это способствует усиленному поглощению солнечного тепла. Темный пигмент яиц многих водных животных выполняет ту же функцию. Эндотермные животные, обитающие в холодных областях (полярные медведи, киты и др.), имеют, как правило, крупные размеры, тогда как обитатели жарких стран (например, многие насекомоядные млекопитающие) обычно меньше по размерам. Это явление носит название *правила Бергмана.* Согласно этому правилу, при *продвижении на север средние размеры тела в популяциях эндотермных животных увеличиваются* (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение размера тела животных с широтой (по Бергману)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид** | **Район** | **Длина тела, см** | **Масса, кг** |
| Волк Лиса | Таймыр Монголия Среднерусская равнина Туркмения | До 137До 120До 90До 57 | До 49До 40До 10До 3,2 |

При увеличении размеров уменьшается относительная поверхность тела, а, следовательно, и теплоотдача.

Размеры выступающих частей тела также варьируют в соответствии с температурой среды. У видов, живущих в более холодном климате, различные выступающие части тела (хвост, уши, конечности и др.) меньше, чем у родственных видов из более теплых мест. Это явление известно как *правило Аллена.* Правило Аллена наглядно проявляется при сравнении длины ушей у трех видов лисиц, обитающих в разных географических областях (рис. 1).



Арктический вид

Температура тела 37°С

Средняя температура среды 0°С

Европейский вид

Температура тела 37°С

Средняя температура среды 12°С

Африканский вид

Температура тела 37°С

Средняя температура среды 25°С

Рис. 1. Различия в длине ушей у трех видов лисиц,

 обитающих в разных географических областях

 (по Н. Грину и др., 1993)

*Третье правило* (носит название правила Глогера) гласит, что окраска животных в холодном и сухом климате сравнительно светлее, чем в теплом и влажном.

*Биохимическая адаптация* живых организмов к температуре проявляется прежде всего в изменении физико-химического состояния веществ, содержащихся в клетках и тканях. Так, при адаптации к низким температурам в клетках растения повышается концентрация растворов, увеличивается осмотическое давление клеточного сока, уменьшается содержание свободной воды, не связанной в коллоиды. И это очень важно, так как «связанная» вода трудно испаряется и замерзает, слабо отжимается под давлением, обладает большой плотностью и в значительной степени утрачивает свойство растворителя. Она становится кристаллической по структуре и в то же время сохраняет жидкое состояние. Между частицами цитоплазмы и водой устанавливается единство структуры, обеспечивающее ей таким образом вхождение в структуру макромолекул белков и нуклеиновых кислот. В таком состоянии ее трудно заморозить, перевести в твердое состояние. Важным приспособлением к низким температурам является и отложение запасных питательных веществ в виде высокоэнергетических соединений — жира, масла, гликогена и др. Так, И.М. Васильев (1970) описал значение отложения запасных веществ в растении в форме масла. Он утверждает, что масло прежде всего вытесняет воду из вакуоли и этим предохраняет растительный организм от замерзания. Масло, откладываясь в цитоплазме, делает ее более стойкой к морозу и к другим неблагоприятным воздействиям зимнего периода. Такую же роль играют откладываемые в протоплазму и вакуоли крахмал и белки. Большое значение имеют и те биохимические изменения в запасных питательных веществах, которые протекают в период подготовки к зимнему состоянию. Так, значительная часть накопленного в летний период крахмала вновь превращается в сахар.

К тканевым механизмам приспособления к действию низких температур относится своеобразное распределение резервных энергетических веществ в теле организмов. При адаптации к холоду, по данным исследований, у организмов происходит «перемещение» веществ в органах. У тех или иных видов растений нередко к зиме масла и сахара откладываются в тканях надземных органов, а в подземных органах — крахмал. При этом в районах с очень низкими температурами у растений отмечается значительное накопление масла во внутренних слоях древесины, что повышает их устойчивость к сильным морозам.

У животных, и в первую очередь обитателей полярных областей, с понижением температуры возрастает содержание гликогена в печени, повышается содержание аскорбиновой кислоты в тканях почек. Многие животные к зиме накапливают жир. Подкожный жировой слой обеспечивает им теплоизоляцию. У ряда животных в выступающих или поверхностных частях тела (лапы некоторых птиц, ласты китов) есть замечательное приспособление. Это сплетение сосудов, в котором вены тесно прижаты к артериям. Кровь, текущая по артериям, отдает тепло венам, оно возвращается к телу, а артериальная кровь поступает в конечности охлажденной. Конечности, по существу, пойкилотермны, зато температуру остального тела можно поддерживать с меньшими затратами энергии.

На основе физиологических процессов многие организмы способны в определенных пределах менять температуру своего тела. Эта способность называется *терморегуляцией.* Как правило, терморегуляция сводится к тому, что температура тела поддерживается на более постоянном уровне по сравнению с температурой окружающей среды. Особенно совершенны механизмы терморегуляции у эндотермных животных. Как уже было отмечено ранее, эндотермные животные способны вырабатывать достаточное количество тепла и регулировать теплоотдачу, поэтому равенство прихода и расхода тепла сохраняется.

Поддерживать температуру тела на постоянном уровне животным помогает испарение жидкости с поверхности тела при высоких температурах окружающей среды. У человека для этого служит потоотделение, у собак и многих птиц — учащенное дыхание. Некоторые сумчатые в жару обмазывают шкуру обильной слюной.

Среди пойкилотермных животных некоторые также способны к терморегуляции при определенных условиях. Шмели, бражники, крупные вараны, отдельные виды рыб, например тунцы, могут повышать температуру тела в периоды высокой мышечной активности.

У животных есть разнообразные *поведенческие* адаптации к температуре. Они проявляются в перемещениях животных в места с более благоприятными температурами (перелеты, миграции), в изменениях сроков активности, сдвигая ее на более светлое время суток и т. д. В пустыне, где днем поверхность почвы может нагреваться до 60—70 °С, на раскаленном песке животных почти не увидишь. Насекомые, рептилии и млекопитающие проводят жаркое время, зарывшись в песок или спрятавшись в норы. В глубине почвы температура не так резко колеблется и сравнительно невысокая. Холодным утром кузнечики подставляют бока солнечному свету, а дневные бабочки расправляют крылья. В полуденную жару они, сложив крылья, располагаются параллельно лучам.

При понижении температуры воздуха многие животные переходят на питание более калорийной пищей. Белки в теплое время года поедают более ста видов кормов, зимой же питаются главным образом семенами хвойных, богатых жирами. Кормом оленям летом в основном служат травы, зимой — лишайники, содержащие в большом количестве белковые, жировые и сахаристые вещества.

Важное место в преодолении отрицательного воздействия низких температур, особенно в зимний период, занимает выбор животными места для жилища, утепление убежищ, гнезд пухом, сухими листьями, углубление нор, закрывание входов в них, принятие особой позы (например, скручивание кольцом, укутывание хвостом), собирание в группы, так называемое «скучивание» и т.д. Некоторые животные согреваются путем пробежек и прыжков.

При всем многообразии приспособлений живых организмов к воздействию неблагоприятных температурных условий среды выделяют три основных пути: *активный, пассивный и избегание неблагоприятных температурных воздействий.*

*Активный путь* — усиление сопротивляемости, развитие регуляторных способностей, дающих возможность осуществления жизненных функций организма, несмотря на отклонения температур от оптимума. Этот путь ярко выражен у эндотермных животных, развит у эктотермных, в зачаточной форме проявляется у некоторых высших растений.

*Пассивный путь* — это подчинение жизненных функций организма ходу внешних температур. Недостаток тепла вызывает угнетение жизнедеятельности, что способствует экономному использованию энергетических запасов. И как итог — повышение устойчивости клеток и тканей организма. Данный путь приспособления к воздействию неблагоприятных температур характерен для всех растений и эктотермных животных. Элементы пассивного приспособления, или адаптации, присущи и эндотермным животным, обитающим в условиях крайне низких температур. Выражается это в снижении уровня обмена, замедлении скорости роста и развития. У млекопитающих и птиц преимущества пассивного приспособления в неблагоприятные периоды года используют *гетеротермные* виды, которые обладают способностью впадать в спячку или оцепенение.

*Избегание неблагоприятных температурных воздействий* — общий способ для всех организмов. Выработка жизненных циклов, когда наиболее уязвимые стадии развития проходят в самые по температурным условиям благоприятные периоды года. Для растений это главным образом изменения в ростовых процессах, для животных — разнообразные формы поведения.

В связи с тем, что растения и животные исторически приспособлены к определенным тепловым режимам, совершенно закономерно, что температурный фактор имеет непосредственное отношение к их распределению на Земле и обусловливает в той или иной мере заселенность природных зон живыми организмами. Одной из главных закономерностей в распределении современных организмов является их *биополярность.* Она заключается в том, что у организмов в высоких широтах умеренных зон наблюдается определенное сходство в систематическом составе и ряде биологических явлений. Это характерно как для наземной, так и для морской фауны и флоры.

Биополярность отмечается и в поширотном качественном составе живых организмов. Например, для тропической зоны характерно более высокое видовое разнообразие по сравнению с высокими широтами.

1. **Свет**

Всем живым организмам для осуществления процессов жизнедеятельности необходима энергия, поступающая извне. Основным источником ее является солнечная радиация, на которую приходится около 99,9 % в общем балансе энергии Земли.

Если принять солнечную энергию, достигающую Земли, за 100 %, то примерно 19 % ее поглощается при прохождении через атмосферу, 34 % отражается обратно в космическое пространство и 47 % достигает земной поверхности в виде прямой и рассеянной радиации. На ультрафиолетовую часть спектра приходится от 1 до 5 %, на видимую – от 16 до 45 % и на инфракрасную – от 49 до 84 %.

**Действие разных участков спектра солнечного излучения на живые организмы.**

Среди ультрафиолетовых лучей (УФЛ) до поверхности Земли доходят только длинноволновые (290–380 нм), а коротковолновые, губительные для всего живого, практически полностью поглощаются на высоте около 20–25 км озоновым экраном – тонким слоем атмосферы, содержащим молекулы О3. Длинноволновые ультрафиолетовые лучи, обладающие большой энергией фотонов, имеют высокую химическую активность. Большие дозы их вредны для организмов, а небольшие необходимы многим видам. В диапазоне 250–300 нм УФЛ оказывают мощное бактерицидное действие и у животных вызывают образование из стеролов витамина D; при длине волны 200–400 нм вызывают у человека загар, который является защитной реакцией кожи. Инфракрасные лучи с длиной волны более 750 нм оказывают тепловое действие.

Видимая радиация несет приблизительно 50 % суммарной энергии. С областью видимой радиации, воспринимаемой человеческим глазом, почти совпадает ФР – физиологическая радиация (длина волны 300–800 нм), в пределах которой выделяют ФАР – область фотосинтетически активной радиации (380–710 нм). Область ФР можно условно разделить на ряд зон: ультрафиолетовую (менее 400 нм), сине-фиолетовую (400–500 нм), желто-зеленую (500–600 нм), оранжево-красную (600–700 нм) и дальнюю красную (более 700 нм).

Лучи разной окраски различаются животными. Например, бабочки при посещении цветков растений предпочитают красные или желтые, двукрылые насекомые выбирают белые и голубые. Пчелы проявляют повышенную активность к желто-зеленым, сине-фиолетовым и фиолетовым лучам, не реагируют на красный, воспринимая его как темноту. Гремучие змеи видят инфракрасную часть спектра. Для человека область видимых лучей — от фиолетовых до темно-красных.

Видимый свет для фототрофных и гетеротрофных организмов имеет разное экологическое значение.

Зеленым растениям свет нужен для образования хлорофилла, формирования гранальной структуры хлоропластов; он регулирует работу устьичного аппарата, влияет на газообмен и транспирацию, активизирует ряд ферментов, стимулирует биосинтез белков и нуклеиновых кислот. Свет влияет на деление и растяжение клеток, ростовые процессы и на развитие растений, определяет сроки цветения и плодоношения, оказывает формообразующее воздействие. Но самое большое значение имеет свет в осуществлении процесса фотосинтеза. С этим связаны основные адаптации растений по отношению к свету.

Фотоавтотрофы способны ассимилировать СО2, используя лучистую энергию Солнца и преобразуя ее в энергию химических связей в органических соединениях. Пурпурные бактерии, способны поглощать свет в длинноволновой части (максимумы в области 800-1100 нм). Это позволяет им существовать даже при наличии только невидимых инфракрасных лучей. Водоросли и высшие зеленые растения поглощают свет в диапазоне, близком к видимому человеческим глазом.

Водоросли обитают в водоемах, но встречаются и на суше, на поверхности разных предметов – на стволах деревьев, на заборах, на скалах, на снегу, на поверхности почвы и в ее толще.

В Мировом океане водоросли обитают в освещаемой зоне. Глубже всех проникают красные водоросли. Чаще они обитают на глубинах до 20–40 м, но если прозрачность воды велика, то встречаются до 100 и даже 200 м.

На суше для высших фотоавтотрофных растений условия освещения практически везде благоприятны, и они растут повсюду, где позволяют климатические и почвенные условия, приспосабливаясь к световому режиму данного местообитания.

**Экологические группы растений по отношению к свету и их адаптивные особенности.**

Световой режим любого местообитания определяется интенсивностью прямого и рассеянного света, количеством света (годовой суммарной радиацией), его спектральным составом, а также *альбедо* – отражательной способностью поверхности, на которую падает свет. Альбедо выражается в процентах от общей радиации и зависит от угла падения лучей и свойств отражающей поверхности. Например, снег отражает 85% солнечной энергии, альбедо зеленых листьев клена составляет 10%, а осенних пожелтевших — 28%.

Перечисленные элементы светового режима очень переменчивы и зависят от географического положения, высоты над уровнем моря, от рельефа, состояния атмосферы, характера земной поверхности, растительности, от времени суток, сезона года, солнечной активности и глобальных изменений в атмосфере.

У растений возникают различные морфологические и физиологические адаптации к световому режиму местообитаний.

По требованию к условиям освещения принято делить растения на следующие экологические группы:

1) *светолюбивые* (световые), или *гелиофиты,* – растения открытых, постоянно хорошо освещаемых местообитаний;

2) *тенелюбивые* (теневые), или *сциофиты,* – растения нижних ярусов тенистых лесов, пещер и глубоководные растения; они плохо переносят сильное освещение прямыми солнечными лучами;

3) *теневыносливые,* или *факультативные гелиофиты, –* могут переносить большее или меньшее затенение, но хорошо растут и на свету; они легче других растений перестраиваются под влиянием изменяющихся условий освещения.

Можно отметить некоторые общие приспособительные особенности, свойственные растениям каждой экологической группы.

**Световые адаптации гелиофитов и сциофитов.** *Светолюбивые**растения,* или *гелиофиты* часто имеют побеги с укороченными междоузлиями, сильно ветвящиеся, нередко розеточные. Листья гелиофитов обычно мелкие или с рассеченной листовой пластинкой, с толстой наружной стенкой клеток эпидермы, нередко с восковым налетом или густым опушением, с большим числом устьиц на единицу площади, с густой сетью жилок, с хорошо развитыми механическими тканями. У ряда растений листья повернуты ребром к полуденным лучам или могут менять положение своих частей в зависимости от высоты стояния Солнца. Так, у степного растения софоры листочки непарноперистосложного листа в жаркий день подняты вверх и сложены.

Оптический аппарат гелиофитов развит лучше, чем у сциофитов, имеет большую фотоактивную поверхность и приспособлен к более полному поглощению света. Обычно у них лист толще, клетки эпидермы и мезофилла мельче. Мелкие хлоропласты с хорошо развитой гранальной структурой в большом числе (до 200 и более) расположены вдоль продольных стенок.

*Сциофиты*– это растения, постоянно находящиеся в условиях сильного затенения. При освещенности 0,1–0,2 % могут расти только мхи и селягинеллы. Плауны довольствуются 0,25-0,5 % полного дневного света, а цветковые растения встречаются обычно там, где освещенность в пасмурные дни достигает не менее 0,5–1% (бегонии, недотрога, травы из семейств имбирные, мареновые).

В северных широколиственных и темнохвойных лесах полог сомкнутого древостоя может пропускать всего 1–2% ФАР, изменяя ее спектральный состав. Сильнее всего поглощаются синие и красные лучи, и пропускается относительно больше желто-зеленых лучей, дальних красных и инфракрасных. Слабая освещенность сочетается с повышенной влажностью воздуха и повышенным содержанием в нем СО2, особенно у поверхности почвы. Сциофиты этих лесов – зеленые мхи, плауны, кислица обыкновенная, грушанки, майник двулистный и др.

Листья у сциофитов располагаются горизонтально, нередко хорошо выражена листовая мозаика. Листья темно-зеленые, более крупные и тонкие. Клетки эпидермы крупнее, но с более тонкими наружными стенками и тонкой кутикулой, часто содержат хлоропласты. Клетки мезофилла крупнее, площадь жилок вдвое меньше, чем у листьев гелиофитов, число устьиц на единицу площади меньше. Хлоропласты крупные, но число их в клетках невелико.

С меньшей интенсивностью протекают у них такие физиологические процессы, как транспирация, дыхание. Интенсивность фотосинтеза, быстро достигнув максимума, перестает возрастать при усилении освещенности, а на очень ярком свету может даже понизиться.

У лиственных теневыносливых древесных пород и кустарников (дуба черешчатого, липы сердцевидной, сирени обыкновенной и др.) листья, расположенные по периферии кроны, имеют структуру, сходную со структурой листьев гелиофитов, и называются световыми, а в глубине кроны – теневые листья с теневой структурой, сходной со структурой листьев сциофитов (рис. 2).



***Рис. 2.*** Поперечный срез светового (слева) и теневого (справа) листа сирени (по И. С. Михайловской, 1977)

*Факультативные гелиофиты,* или *теневыносливые растения,* в зависимости от степени теневыносливости имеют приспособительные особенности, сближающие их то с гелиофитами, то со сциофитами. К этой группе можно отнести некоторые луговые растения, лесные травы и кустарники, растущие и в затененных участках леса, и на лесных полянах, опушках, вырубках. На осветленных местах они разрастаются часто сильнее, однако оптимальное использование ФАР у них происходит не при полном солнечном освещении.

Если в одном и том же местообитании закономерно периодически изменяется световой режим, растения в разные сезоны могут проявлять себя то как светолюбивые, то как теневыносливые.

Весной в дубравах под полог леса проникает 50–60 % солнечной радиации. Листья розеточных побегов сныти обыкновенной имеют световую структуру и отличаются высокой интенсивностью фотосинтеза. В это время они создают основную часть органического вещества годичной продукции. Листья сныти летней генерации, появляющиеся при развитом древесном пологе, под который проникает в среднем 3,5 % солнечной радиации, имеют типичную теневую структуру, и интенсивность фотосинтеза их значительно ниже, в 10–20 раз. Подобную двойственность по отношению к свету проявляет и осока волосистая, светолюбивая весной и теневыносливая летом. По-видимому, это свойственно и другим растениям дубравного широкотравья.

Наиболее общая адаптация растений к максимальному использованию ФАР – пространственная ориентация листьев. При вертикальном расположении листьев, как, например, у многих злаков и осок, солнечный свет полнее поглощается в утренние и вечерние часы – при более низком стоянии солнца. При горизонтальной ориентации листьев полнее используются лучи полуденного солнца. При диффузном расположении листьев в разных плоскостях солнечная радиация в течение дня утилизируется наиболее полно. Обычно при этом листья нижнего яруса на побеге отклонены горизонтально, среднего направлены косо вверх, а верхнего располагаются почти вертикально.

Считают, что кукуруза является одной из самых высокопродуктивных сельскохозяйственных культур потому, что наряду с высоким КПД фотосинтеза у нее наблюдается диффузное расположение листьев, при котором полнее поглощается ФАР.

На севере, где высота стояния солнца меньше, встречается больше растений с вертикальным расположением листьев, а на юге – с горизонтальным. Для получения большей биомассы выгодны также посевы и насаждения, в которых сочетаются растения с разной пространственной ориентацией листьев, причем в верхнем ярусе лучше иметь растения с вертикальным расположением листьев, которые полнее используют свет при низком стоянии солнца, не препятствуют прохождению полуденных лучей к расположенным в нижнем ярусе листьям с горизонтальной ориентацией.

Интенсивность освещения влияет на активность животных, определяя среди них виды, ведущие сумеречный, ночной и дневной образ жизни. Ориентация на свет осуществляется в результате *«фототаксисов»:* положительного (перемещение в сторону наибольшей освещенности) и отрицательного (перемещение в сторону наименьшей освещенности). Так, в сумерки летают бабочки бражника, охотится еж. Майские хрущи начинают летать только в 21—22 ч и заканчивают лет после полуночи, комары же активны с вечера до утра. Ночной образ жизни ведет куница. Бесшумно, обследуя одно дерево за другим, отыскивает она гнезда белок и нападает на спящих зверьков.

Освещение вызывает у растений ростовые движения, которые проявляются в том, что из-за неравномерного роста стебля или корня происходит их искривление. Это явление носит название *фототропизма.*

Одностороннее освещение смещает в затененную сторону поток ростового гормона ауксина, направленного, как правило, строго вниз. Обеднение ауксином освещенной стороны побега приводит здесь к торможению роста, а обогащение ауксином затененной стороны — к стимуляции роста, что и вызывает искривление.

Для животных свет - необходимое условие видения, зрительной ориентации в пространстве. Рассеянные, отраженные от окружающих предметов лучи, воспринимаемые органами зрения животных, дают им значительную часть информации о внешнем мире. Развитие зрения у животных шло параллельно с развитием нервной системы.

Полнота зрительного восприятия окружающей среды зависит у животных в первую очередь от степени эволюционного развития. Примитивные глазки многих беспозвоночных – это просто светочувствительные клетки, окруженные пигментом, а у одноклеточных – светочувствительный участок цитоплазмы. Процесс восприятия света начинается с фотохимических изменений молекул зрительных пигментов, после чего возникает электрический импульс. Органы зрения из отдельных глазков не дают изображения предметов, а воспринимают только колебания освещенности, чередование света и тени, свидетельствующие об изменениях в окружающей среде. Образное видение возможно только при достаточно сложном устройстве глаза. Пауки, например, могут различать контуры движущихся предметов на расстоянии 1–2 см. Наиболее совершенные органы зрения – глаза позвоночных, головоногих моллюсков и насекомых. Они позволяют воспринимать форму и размеры предметов, их цвет, определять расстояние.

Способность к объемному видению зависит от угла расположения глаз и от степени перекрывания их полей зрения. Объемное зрение, например, характерно для человека, приматов, ряда птиц – сов, соколов, орлов, грифов. Животные, у которых глаза расположены по бокам головы, имеют монокулярное, плоскостное зрение.

Предельная чувствительность высокоразвитого глаза огромна. Привыкший к темноте человек может различить свет, интенсивность которого определяется энергией всего пяти квантов, что близко к физически возможному пределу.

Понятие видимого света в некоторой мере условно, так как отдельные виды животных сильно различаются по способности воспринимать разные лучи солнечного спектра. Для человека область видимых лучей – от фиолетовых до темно-красных.

Некоторые животные, например гремучие змеи, видят инфракрасную часть спектра и ловят добычу в темноте, ориентируясь при помощи органов зрения. Для пчел видимая часть спектра сдвинута в более коротковолновую область. Они воспринимают как цветовые значительную часть ультрафиолетовых лучей, но не различают красных.

Кроме эволюционного уровня группы, развитие зрения и его особенности зависят от экологической обстановки и образа жизни конкретных видов.

У постоянных обитателей пещер, куда не проникает солнечный свет, глаза могут быть полностью или частично редуцированы, как, например, у слепых жуков жужелиц, протеев среди амфибий и др.

Способность к различению цвета в значительной мере зависит и от того, при каком спектральном составе излучения существует или активен вид. Большинство млекопитающих, ведущих происхождение от предков с сумеречной и ночной активностью, плохо различают цвета и видят все в черно-белом изображении (собачьи, кошачьи, хомяки и др.). Такое же зрение характерно для ночных птиц (совы, козодои). Дневные птицы имеют хорошо развитое цветовое зрение.

Жизнь при сумеречном освещении приводит часто к гипертрофии глаз. Огромные глаза, способные улавливать ничтожные доли света, свойственны ведущим ночной образ жизни лемурам, обезьянам лори, долгопятам, совам и др.



***Рис. 3.*** Пролет североамериканских полярных крачек на зимовки (по И. Штейнбахеру, 1956)

Животные ориентируются с помощью зрения во время дальних перелетов и миграций. Птицы с поразительной точностью выбирают направление полета, преодолевая иногда тысячи километров от гнездовий до мест зимовок (рис. 3).

Доказано, что при таких дальних перелетах птицы хотя бы частично ориентируются по солнцу и звездам, т. е. астрономическим источникам света. При вынужденном отклонении от курса они способны к навигации, т. е. к изменению ориентации, чтобы попасть в нужную точку Земли. При неполной облачности ориентация сохраняется, если видна хотя бы часть неба. В сплошной туман птицы не летят или, если он застает их в пути, продолжают лететь вслепую и часто сбиваются с курса.

Способность птиц к навигации доказана многими опытами.

Птицы, сидящие в клетках, в состоянии предмиграционного беспокойства всегда ориентируются в сторону зимовок, если они могут наблюдать за положением солнца или звезд. Например, когда чечевиц перевезли с побережья Балтийского моря в Хабаровск, они изменили свою ориентацию в клетках с юго-восточной на юго-западную. Зимуют эти птицы в Индии. Таким образом, они способны правильно выбирать направление полета на зимовку из любой точки Земли. Днем птицы учитывают не только положение солнца, но и смещение его в связи с широтой местности и временем суток. Опыты в планетарии показали, что ориентация птиц в клетках меняется, если менять перед ними картину звездного неба в соответствии с направлением предполагаемого перелета.



***Рис. 4.*** Ориентация полета пчел по положению солнца (по W. Jacobs, М. Renner, 1974):

A – ориентация полета за взятком;

Б – танец пчелы-разведчицы на вертикальных сотах:

*1*– положение оси «восьмерки» в случае, если направление к месту взятка совпадает с направлением на солнце;

*2*– отклонение оси «восьмерки» при передвижении солнца

Навигационная способность птиц врожденная. Она не приобретается за счет жизненного опыта, а создается естественным отбором как система инстинктов. Точные механизмы такой ориентации еще плохо изучены. Гипотеза ориентации птиц в перелетах по астрономическим источникам света в настоящее время подкреплена материалами опытов и наблюдений.

Способность к подобного рода ориентации свойственна и другим группам животных. Среди насекомых она особенно развита у пчел. Пчелы, нашедшие нектар, передают другим информацию о том, куда лететь за взятком, используя в качестве ориентира положение солнца. Пчела-разведчица, открывшая источник корма, возвращается в улей и начинает на сотах танец, совершая быстрые повороты. При этом она описывает фигуру в виде восьмерки, поперечная ось которой наклонена по отношению к вертикали. Угол наклона соответствует углу между направлениями на солнце и на источник корма (рис. 4). Когда медосбор очень обилен, разведчицы сильно возбуждены и могут танцевать долго, в течение многих часов, указывая сборщицам путь к нектару. За время их танца угол наклона восьмерки постепенно смещается в соответствии с движением солнца по небу, хотя пчелы в темном улье и не видят его. Если солнце скрывается за облаками, пчелы ориентируются на поляризованный свет свободного участка неба. Плоскость поляризации света зависит от положения солнца.

1. **Влажность**

Протекание всех биохимических процессов в клетках и нормальное функционирование организма в целом возможны только при достаточном обеспечении его водой – необходимым условием жизни. Поддержание водного баланса имеет огромное значение для всех живых организмов.

Проблемы водообеспечения особенно важны для обитателей суши. Особенности поддержания водного баланса зависят от того, в какой экологической обстановке они живут, какой образ жизни ведут, насколько могут использовать различные источники влаги и задерживать воду в теле.

***Адаптация растений к поддержанию водного баланса*** Низшие наземные растения из влажного субстрата поглощают воду погруженными в него частями таллома, а влагу дождя, росы и тумана – всей поверхностью. В максимально набухшем состоянии лишайники содержат в 20–30 раз больше воды, чем сухого вещества.Среди высших наземных растений мохообразные поглощают воду из почвы ризоидами, а большинство других – корнями, специализированными органами, всасывающими воду. Когда в непосредственной близости от корней запасы воды в почве истощаются, корни растут в направлении большей влажности, так что корневая система растений постоянно находится в движении. У степных и пустынных растений часто можно видеть эфемерные корни, быстро вырастающие в периоды увлажнения почвы, а с наступлением засушливого периода засыхающие.

*По типу ветвления различают следующие корневые системы:*

1) ***экстенсивная*** - охватывает большой объем почвы, но сравнительно слабо ветвится, так что почва пронизана корнями негусто. Таковы корневые системы у многих степных и пустынных растений (саксаула, верблюжьей колючки), у деревьев умеренной полосы (сосны обыкновенной, березы повислой), а из трав у люцерны серповидной, василька шероховатого и др.;

2***) интенсивная*** – охватывает сравнительно небольшой объем почвы, но густо пронизывает ее многочисленными сильно ветвящимися корнями, как, например, у степных дерновинных злаков (ковылей, типчака и др.), у ржи, пшеницы. Между этими типами корневых систем есть переходные.

Корневые системы очень пластичны и резко реагируют на изменение условий, в первую очередь увлажнения. При недостатке влаги корневая система становится экстенсивнее.

Всывание воды корнями затруднено при большой сухости почвы, засолении или сильной кислотности, при низкой температуре. Например, ясень обыкновенный при температуре почвы 0 °C поглощает воды в 3 раза меньше, чем при +(20–30) °С. Способность поглощать воду при той или иной температуре зависит от приспособленности растений к тепловому режиму почв в местах их произрастания. Виды с ранним началом развития, как правило, могут всасывать воду корнями при более низкой температуре, чем развивающиеся позднее.Тундровые растения и некоторые деревья, растущие на почвах с подстилающей их многолетней мерзлотой, могут поглощать воду при температуре почвы 0 °C.

У высших растений есть и дополнительные пути поступления воды в тело. Мхи могут поглощать воду всей поверхностью, как и лишайники. Особенно много воды впитывают такие мхи, как кукушкин лен, виды сфагнума, чему способствует строение их листьев и побегов. При полном насыщении сфагновые мхи содержат в своем теле в десятки раз больше воды, чем в воздушно-сухом состоянии. Семена поглощают воду из почвы. Из воздуха, насыщенного водяными парами, в дождевом тропическом лесу поглощают воду многие эпифиты, например папоротник гименофиллум – тонкими листьями, многие орхидеи – воздушными корнями. В чашевидных влагалищах листьев многих зонтичных скапливается вода, которая постепенно всасывается эпидермисом.

Поступившая в растение вода транспортируется от клетки к клетке (ближний транспорт) и по ксилеме во все органы, где расходуется на жизненные процессы (дальний транспорт). В среднем 0,5 % воды идет на фотосинтез, а остальная – на восполнение потерь от испарения и поддержание тургора. Вода испаряется со всех поверхностей, как внутренних, так и наружных, соприкасающихся с воздухом.

По приспособлениям наземных растений к кратковременным колебаниям условий водоснабжения и испарения различают *пойкилогидрические* и *гомойогидрические виды*.

У пойкилогидрических растений содержание воды в тканях непостоянно и сильно зависит от степени увлажнения окружающей среды. Они не могут регулировать транспирацию и легко и быстро теряют и поглощают воду, используя влагу росы, туманов, кратковременных дождей, в сухом состоянии находятся в анабиозе. Способны обитать там, где короткие периоды увлажнения чередуются с длительными периодами сухости.

Пойкилогидричность свойственна цианобактериям, всем водорослям, некоторым грибам, лишайникам (рис. 5), а также ряду высших растений: многим мхам, некоторым папоротникам и даже отдельным цветковым.



Рис. 5. Лишайник сосновых лесов Cetraria islandica – типичный пойкилогидрический организм (Жизнь растений. Т. 3. 1978)

Гомойогидрические растения способны поддерживать относительное постоянство обводненности тканей. К ним относят большинство высших наземных растений. Для них характерна крупная центральная вакуоль в клетках. Благодаря этому клетка всегда имеет запас воды и не так сильно зависит от изменчивых внешних условий. Кроме того, побеги покрыты с поверхности эпидермой с малопроницаемой для воды кутикулой, транспирация регулируется устьичным аппаратом, а хорошо развитая корневая система во время вегетации может непрерывно поглощать влагу из почвы.

Однако способности растений, не выдерживающих высыхания, регулировать свой водный обмен различны. Среди них выделяют разные по экологии группы.

***Экологические группы растений по отношению к воде***

**Гидатофиты** – это водные растения, целиком или почти целиком погруженные в воду. Среди них – цветковые, которые вторично перешли к водному образу жизни (элодея, рдесты, водяные лютики, валлиснерия, уруть и др.). Вынутые из воды, эти растения быстро высыхают и погибают. У них редуцированы устьица и нет кутикулы. Транспирация у таких растений отсутствует, а вода выделяется через особые клетки – гидатоды.

Листовые пластинки у гидатофитов, как правило, тонкие, без часто рассеченные, что способствует более полному использованию ослабленного в воде солнечного света и усвоению СО2. Нередко выражена разнолистность, у многих видов есть плавающие листья, имеющие световую структуру. Поддерживаемые водой побеги часто не имеют механических тканей, в них хорошо развита аэренхима.

Корневая система цветковых гидатофитов сильно редуцирована, иногда отсутствует совсем или утратила свои основные функции (у рясок). Поглощение воды и минеральных солей происходит всей поверхностью тела. Цветоносные побеги, как правило, выносят цветки над водой (реже опыление совершается в воде), а после опыления побеги снова могут погружаться, и созревание плодов происходит под водой (валлиснерия, элодея, рдесты и др.).

**Гидрофиты** – это растения наземно-водные, частично погруженные в воду, растущие по берегам водоемов, на мелководьях, на болотах. Встречаются в районах с самыми разными климатическими условиями. К ним можно отнести тростник обыкновенный, частуху подорожниковую, вахту трехлистную, калужницу болотную и другие виды. У них лучше, чем у гидатофитов, развиты проводящие и механические ткани. Хорошо выражена аэренхима. В аридных районах при сильной инсоляции их листья имеют световую структуру. У гидрофитов есть эпидерма с устьицами, интенсивность транспирации очень высока, и они могут расти только при постоянном интенсивном поглощении воды.

**Гигрофиты** – наземные растения, живущие в условиях повышенной влажности воздуха и часто на влажных почвах. Среди них различают теневые и световые. Теневые гигрофиты – это растения нижних ярусов сырых лесов в разных климатических зонах (недотрога, бодяк огородный, многие тропические травы и т. п.). Из-за высокой влажности воздуха у них может быть затруднена транспирация, поэтому для улучшения водного обмена на листьях развиваются гидатоды, или водяные устьица, выделяющие капельно-жидкую воду. Листья часто тонкие, с теневой структурой, со слабо развитой кутикулой, содержат много свободной и малосвязанной воды. Обводненность тканей достигает 80 % и более. При наступлении даже непродолжительной и несильной засухи в тканях создается отрицательный водный баланс, растения завядают и могут погибнуть.

К световым гигрофитам относятся виды открытых местообитаний, растущие на постоянно влажных почвах и во влажном воздухе (папирус, рис, сердечники, подмаренник болотный, росянка и др.).

**Мезофиты** могут переносить непродолжительную и не очень сильную засуху. Это растения, произрастающие при среднем увлажнении, умеренно теплом режиме и достаточно хорошей обеспеченности минеральным питанием. К мезофитам можно отнести вечнозеленые деревья верхних ярусов тропических лесов, листопадные деревья саванн, древесные породы влажных вечнозеленых субтропических лесов, летнезеленые лиственные породы лесов умеренного пояса, кустарники подлеска, травянистые растения дубравного широкотравья, растения заливных и не слишком сухих суходольных лугов, пустынные эфемеры и эфемероиды, многие сорные и большинство культурных растений.

**Ксерофиты** растут в местах с недостаточным увлажнением и имеют приспособления, позволяющие добывать воду при ее недостатке, ограничивать испарение воды или запасать ее на время засухи. Ксерофиты лучше, чем все другие растения, способны регулировать водный обмен, поэтому и во время продолжительной засухи остаются в активном состоянии. Это растения пустынь, степей, жестколистных вечнозеленых лесов и кустарниковых зарослей, песчаных дюн.

Ксерофиты подразделяются на два основных типа: ***суккуленты*** и ***склерофиты***.

**Суккуленты** – сочные растения с сильно развитой водозапасающей паренхимой в разных органах. Стеблевые суккуленты – кактусы, стапелии, кактусовидные молочаи; листовые суккуленты – алоэ, агавы, молодило, очитки; корневые суккуленты – аспарагус.

Листья, а в случае их редукции стебли суккулентов имеют толстую кутикулу, часто мощный восковой налет или густое опушение. Устьица погруженные, открываются в щель, где задерживаются водяные пары.

Днем они закрыты. Это помогает суккулентам сберегать накопленную влагу, но зато ухудшает газообмен, затрудняет поступление СО2 внутрь растения. Поэтому многие суккуленты из семейств лилейных, бромелиевых, кактусовых, толстянковых ночью при открытых устьицах поглощают СО2, который только на следующий день перерабатывают в процессе фотосинтеза.

Осмотическое давление клеточного сока суккулентов мало, они развивают небольшую сосущую силу и способны всасывать воду лишь атмосферных осадков, просочившихся в верхний слой почвы. Корневая система их неглубокая, но сильно распростертая, что особенно характерно для кактусов.

**Склерофиты** – это растения, наоборот, сухие на вид, часто с узкими и мелкими листьями, иногда свернутыми в трубочку. Листья могут быть также рассеченными, покрытыми волосками или восковым налетом. Хорошо развита склеренхима, поэтому растения без вредных последствий могут терять до 25 % влаги, не завядая. В клетках преобладает связанная вода. Сосущая сила корней до нескольких десятков атмосфер, что позволяет успешно добывать воду из почвы. При недостатке воды резко снижают транспирацию. Склерофиты можно подразделить на две группы: эуксерофитов и стипаксерофитов.

К эуксерофитам относятся многие степные растения с розеточными и полурозеточными, сильно опушенными побегами, полукустарнички, некоторые злаки, полынь холодная, эдельвейс эдельвейсовидный и др. Наибольшую биомассу эти растения создают в период, благоприятный для вегетации, а в жару уровень обменных процессов у них очень низок.

Стипаксерофиты – это группа узколистных дерновинных злаков (ковыли, тонконоги, типчак и др.). Характеризуются низкой транспирацией в засушливый период и могут переносить особенно сильное обезвоживание тканей. Свернутые в трубочку листья имеют внутри влажную камеру. Транспирация идет через погруженные в бороздки устьица внутрь этой камеры, что снижает потери влаги (рис.6).

А

Б

Рис. 6. Поперечный срез листа ковыля Stipa capillata (по A. Кернеру, 1896): A – при засухе (лист свернут); Б – во влажную погоду (пластинка листа развернута)

Кроме названных экологических групп растений, выделяют еще целый ряд смешанных или промежуточных типов.

Различные пути регуляции водообмена позволили растениям заселить самые различные по экологическим условиям участки суши. Многообразие приспособлений лежит, таким образом, в основе распространения растений по поверхности земли, где дефицит влаги является одной из главных проблем экологических адаптаций.

**Водный баланс наземных животных**

Животные получают воду тремя основными путями: через питье, вместе с сочной пищей и в результате метаболизма, т. е. за счет окисления и расщепления органических веществ – жиров, белков и углеводов.

Некоторые животные могут впитывать воду через покровы из влажного субстрата или воздуха, например личинки некоторых насекомых – мучного хрущака, жуков-щелкунов и др.

Потери воды у животных происходят через испарение покровами или со слизистых оболочек дыхательных путей, путем выведения из тела мочи и непереваренных остатков пищи.

Хотя животные могут выдерживать кратковременные потери воды, но в целом расход ее должен возмещаться приходом. Потери воды приводят к гибели скорее, чем голодание.

Виды, получающие воду в основном через питье, сильно зависят от наличия водопоев. Это особенно характерно для крупных млекопитающих. В сухих, аридных районах такие животные совершают иногда значительные миграции к водоемам и не могут существовать слишком далеко от них. В африканских саваннах слоны, антилопы, львы, гиены регулярно посещают водопои.

В питьевой воде нуждаются и многие птицы. Ласточки и стрижи пьют на лету, проносясь над поверхностью водоема. Рябки в пустынях ежедневно совершают многокилометровые перелеты к водопоям и приносят воду птенцам. Самцы рябков используют исключительный в своем роде способ переноса воды – они пропитывают ею оперение на груди, а птенцы отжимают клювами набухшие перья. В то же время многие животные могут обходиться совсем без питьевой воды, получая влагу иными способами.

Влажность воздуха также очень важна для животных, так как от нее зависит величина испарения с поверхности тела. Потери воды через испарение обусловлены также строением покровов. Некоторые виды не могут обитать в сухом воздухе и нуждаются в полном насыщении его водяными парами. Другие без вреда для себя населяют самые засушливые районы.

Среди ряда групп животных можно выделить гигрофилов и ксерофилов, т. е. влаголюбивые и сухолюбивые виды. Промежуточную группу составляют мезофилы. Среди насекомых, например, гигрофильны кровососущие комары, которые активны преимущественно в вечерние и утренние часы, а днем – либо в пасмурную погоду, либо только в тени, под пологом леса, т. е. при повышенной влажности воздуха. Ксерофильны жуки-скакуны, пустынные жуки-чернотелки, пустынная саранча и др.

Способы регуляции водного баланса у животных разнообразнее, чем у растений. Их можно разделить на поведенческие, морфологические и физиологические.

К числу поведенческих приспособлений относятся поиски водопоев, выбор мест обитания, рытье нор и т. п. В норах влажность воздуха приближается к 100 %, даже когда на поверхности очень сухо. Это снижает необходимость испарения через покровы, экономит влагу в организме.

В эффективности поведенческих приспособлений для обеспечения водного баланса можно убедиться на примере пустынных мокриц. Мокрицы – типичные ракообразные, не отличающиеся особыми анатомо-морфологическими приспособлениями к наземному образу жизни. Тем не менее представители рода Hemilepistus освоили самые сухие и жаркие места на Земле – глинистые пустыни. Там они роют глубокие вертикальные норки, где всегда влажно, и покидают их, выходя на поверхность лишь в те часы суток, когда высока влажность приземного слоя воздуха. Когда почва иссушается особенно сильно и возникает угроза снижения влажности воздуха в норке, самки закрывают отверстие сильно склеротизованными передними сегментами тела, создавая замкнутое, насыщенное парами пространство и оберегая молодь от высыхания.

К морфологическим способам поддержания нормального водного баланса относятся образования, способствующие задержанию воды в теле: раковины наземных улиток, ороговевшие покровы рептилий, развитие эпикутикулы у насекомых и т. п. У пустынных жуков-чернотелок срастаются и прирастают к телу надкрылья, вторая пара крыльев редуцируется и между телом и надкрыльями образуется камера, куда выходят дыхальца насекомого. Эта камера открывается наружу лишь небольшой узкой щелью, воздух в ней насыщен водяными парами. Части тела, соприкасающиеся с внешней средой, защищены непроницаемой для воды эпикутикулой.

Физиологические приспособления к регуляции водного обмена – это способность к образованию метаболической влаги, экономии воды при выделении мочи и кала, развитие выносливости к обезвоживанию организма, величина потоотделения и отдачи воды со слизистых.

Выносливость к обезвоживанию, как правило, выше у животных, подвергающихся тепловым перегрузкам. Для человека потеря воды, превышающая 10 % массы тела, смертельна. Верблюды переносят потери воды до 27 %, овцы – до 23, собаки – до 17 %.

Для экономии воды, выводимой через почки, нужна перестройка азотного обмена. При распаде белков у большинства водных организмов образуется аммиак, который токсичен для цитоплазмы даже в малых концентрациях. На процесс его образования и выведения тратится много воды. У наземных животных аммиак присутствует среди продуктов обмена только у тех форм, которые обитают в условиях достаточного обеспечения водой, например у тлей, непрерывно питающихся соком растений. Основной компонент выделяемой мочи у наземных млекопитающих – мочевина. Это менее токсичный продукт обмена, который может накапливаться в плазме и полостных жидкостях и выводиться в более концентрированных растворах, что экономит воду. С мочой выводятся также различные соли.

Чешуйчатые пресмыкающиеся и сухопутные черепахи – группы, освоившие наиболее аридные районы, – выделяют малорастворимую мочевую кислоту. Это же характерно для птиц и высших насекомых. Паукообразные выделяют гуанин. При образовании гуанина и мочевой кислоты затрачивается минимальное количество воды.

Жизнь за счет метаболической влаги доступна не всем животным. Окисление жиров требует большого количества кислорода, а дополнительная вентиляция легких в сухом воздухе сопровождается потерей водяных паров. Жир в горбах верблюдов не является для них основным источником водоснабжения, так как расход воды на усиленное дыхание при терморегуляции равен или даже превышает количество получаемой метаболической воды. Поэтому верблюды нуждаются в периодическом питье.

Мелкие млекопитающие, спасающиеся от жары в прохладных норах, могут покрывать значительную часть своих расходов воды в результате окислительных процессов, так как им не требуется дополнительно вода на терморегуляцию. Почти исключительно на сухом корме живут такие пустынные виды, как многие тушканчики, американская кенгуровая крыса, африканская песчанка и др. Кенгуровых крыс содержали в лаборатории на сухой перловой крупе. При этом из 100 г корма, потребляемого зверьком за месяц, образуется около 54 г воды. Кроме нее, животные использовали лишь абсорбированную крупой влагу, содержание которой, в зависимости от влажности воздуха, составляет от 10 до 18 %.

Метаболическую воду в большей мере, чем позвоночные животные, могут использовать насекомые, так как трахейная система насекомых осуществляет эффективный воздушный дренаж с малыми потерями на испарение. У многих видов жировое тело служит преимущественно источником воды, а не энергетических запасов. Гусеницы платяной моли, мельничной огневки, амбарный и рисовый долгоносики и многие другие живут исключительно за счет сухой пищи.

Испарение, связанное с необходимостью терморегуляции, может служить причиной истощения водных ресурсов организма. В пустынях противостоять перегреву путем испарения воды могут только крупные животные. Общая тепловая нагрузка пропорциональна относительной поверхности и поэтому особенно велика для мелких форм. Для животного массой 100 г расход воды составил бы в час около 15 % от массы тела, а массой 10 г – около 30 %, т. е. за немногие часы была бы истрачена вся вода организма. Поэтому мелкие гомойотермные животные в сухом и жарком климате избегают воздействия жары и экономят влагу, укрываясь под землей.

У пойкилотермных повышение температуры тела вслед за нагреванием воздуха позволяет избегать излишних потерь воды, которая тратится у гомойотермных для поддержания постоянной температуры.

Пойкилотермные животные, однако, не могут полностью избежать потерь воды на испарение. Даже у рептилий с их ороговевшим эпидермисом потери воды через кожу значительны. У мелких ящериц они могут достигать 20 % и более от массы тела за сутки. Поэтому и для пойкилотермных основной путь сохранения водного баланса при жизни в пустыне – это избегание излишних тепловых нагрузок.

**Основные пути приспособления живых организмов к условиям среды**

Во всем разнообразии приспособлений живых организмов к неблагоприятным условиям среды можно выделить три основных пути.

***Активный путь*** – это усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществить все жизненные функции организмов, несмотря на отклонения фактора от оптимума. По отношению к температуре, например, этот путь в зачаточной форме проявляется у некоторых высших растений, несколько сильнее развит у пойкилотермных животных, но особенно ярко выражен при гомойотермии. Активное противостояние иссушению особенно характерно для склерофитов среди растений, ксерофильных насекомых (например, пустынных чернотелок), крупных гомойотермных животных аридных районов.

***Пассивный путь*** – подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды. При недостатке тепла это приводит к угнетению жизнедеятельности и понижению уровня метаболизма, что способствует экономному использованию энергетических запасов. Компенсаторно повышается устойчивость клеток и тканей организма. Пассивный путь адаптации к влиянию неблагоприятных температур свойствен всем растениям и пойкилотермным животным. Среди млекопитающих и птиц преимущества пассивного приспособления в неблагоприятные периоды года используют гетеротермные виды, впадающие в оцепенение или спячку. Элементы пассивной адаптации присущи и типичным гомойотермным животным, обитающим в условиях крайне низких температур. Это выражается в некотором снижении уровня обмена, замедлении темпов роста и развития, что позволяет экономнее тратить ресурсы по сравнению с быстро развивающимися видами.

Пассивное подчинение водному режиму среды свойственно пойкилогидрическим растениям и животным, способным выносить высыхание: напочвенным водорослям, лишайникам, нематодам, коловраткам и т. п.

***Избегание неблагоприятных воздействий*** – третий возможный путь приспособления к среде. Общий способ для всех групп организмов – выработка таких жизненных циклов, при которых наиболее уязвимые стадии развития завершаются в самые благоприятные по температурным и другим условиям периоды года. Для животных основным способом избегания пессимальных температур являются разнообразные формы поведения. Изменения в ростовых процессах растений – в известной мере экологический аналог поведения животных. Например, карликовость тундровых растений помогает организмам использовать тепло приземного слоя и избегать влияния низких температур воздуха. Растения-эфемероиды в жарких пустынях избегают засухи, успевая отцвести за краткий весенний период.

Избегание, уход от действия крайних температур или недостатка влаги свойствен организмам в той или иной мере и при активном, и при пассивном пути адаптации к среде. Все три пути приспособления характерны и по отношению к другим экологическим факторам среды. Чаще всего приспособление вида к среде осуществляется тем или иным сочетанием всех трех возможных путей адаптаций.

**4. Прочие абиотические факторы среды**

**Атмосфера.**

Атмосферный воздух — смесь различных газов. В его составе 78,08% азота, 20,9% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа, других газов (гелий, метан, неон, ксенон, родон и др.) около 0,01%.

Значение атмосферного воздуха для живых организмов огромно и разнообразно. Это источник кислорода для дыхания и углекислоты для фотосинтеза. Он защищает живые организмы от вредных космических излучений, способствует сохранению тепла на Земле.

Атмосфера — важная часть экосферы, с которой она связана биогеохимическими циклами, включающими газообразные компоненты. Это такие, как круговороты углерода, азота, кислорода и воды. Большое значение имеют и физические свойства атмосферы. Так, воздух оказывает лишь незначительное сопротивление движению и не может служить опорой для наземных организмов, что непосредственно сказалось на их строении. Вместе с тем некоторые группы животных стали использовать полет как способ передвижения. Особо следует отметить, что в атмосфере постоянно происходит циркуляция воздушных масс, энергию которой поставляет Солнце.

Результатом циркуляции является перераспределение водяных паров, так как атмосфера захватывает их в одном месте (где вода испаряется), переносит и отдает в другом месте (где выпадают осадки). Если же в атмосферу поступают газы, в том числе загрязняющие, такие, как двуокись серы в промышленных районах, то система атмосферной циркуляции перераспределит их, и они выпадут в других местах, растворенные в дождевой воде.

Ветер, взаимодействуя с другими факторами окружающей среды, может оказывать влияние на развитие растительности, в первую очередь на деревья, растущие на открытых местах. Обычно это приводит к задержке их роста и искривлению с наветренной стороны. Ветер играет важную роль в распространении спор, семян и т. п., расширяя возможности распространения неподвижных организмов — растений, грибов и некоторых бактерий. Ветер может оказывать влияние и на миграцию летающих животных.

Еще одна особенность атмосферы — это ее давление, которое уменьшается с высотой. Эволюция живых организмов на нашей планете происходила при атмосферном давлении 760 мм ртутного столба на уровне моря, и оно считается «нормальным». С увеличением высоты, например при восхождении людей в горы, от недостаточной насыщенности крови кислородом может наступить состояние гипоксии или аноксии. Возникает оно вследствие того, что с возрастанием высоты над уровнем моря парциальное давление кислорода, так же как и других газов, содержащихся в атмосферном воздухе, падает. На высоте 5450 м атмосферное давление в два раза меньше, чем на уровне моря. И хотя воздух содержит здесь столько же процентов кислорода, концентрация его на единицу объема вдвое меньше.

У растений в этих условиях возрастает транспирация, что потребовало выработки адаптации для сохранения воды, как, например, у многих альпийских растений.

**Топография.**

Топография (рельеф) относится к орографическим факторам и тесно связана с другими абиотическими факторами, хотя и не принадлежащими к таким прямодействующим экологическим факторам, как свет, тепло, вода и почва. Главным топографическим (орографическим) фактором является высота. С высотой снижаются средние температуры, увеличивается суточный перепад температур, возрастают количество осадков, скорость ветра и интенсивность радиации, понижаются атмосферное давление и концентрация газов. Так, повышение уровня местности на каждые 100 м сопровождается уменьшением температуры воздуха примерно на 0,6°С.

В зависимости от величины форм топографию или рельеф подразделяют на несколько порядков: макрорельеф (горы, межгорные впадины, низменности), мезорельеф (холмы, овраги, гряды, карстовые воронки, степные «блюдца» и др.) и микрорельеф (мелкие западинки, неровности, приствольные повышения и др.), Все это оказывает влияние на растения и животных. В результате обычным явлением стала вертикальная зональность.

Горные цепи могут служить климатическими барьерами. Влажный воздух охлаждается, поднимаясь над горами, что приводит к выпадению большого количества осадков на наветренных склонах.

На подветренной стороне горного хребта образуется так называемая «дождевая тень», воздух здесь суше, выпадает меньше осадков, создаются пустынные условия, так как воздух, опускаясь, нагревается и вбирает в себя влагу из почвы. Это влияет на живые организмы. Для большинства позвоночных верхняя граница жизни около 6,0 км. Снижение давления с высотой влечет за собой уменьшение обеспеченности кислородом и обезвоживание животных за счет увеличения частоты дыхания. Несколько более выносливы членистоногие (ногохвостки, клещи, пауки), которые могут встречаться на ледниках, выше границы растительности. Для высокогорных растений характерен приземистый рост. Во всех высокогорных областях земного шара преобладают низкорослые стелющиеся кустарники и кустарнички, подушковидные и розеточные многолетние травы, дерновидные злаки и осоки, мхи и лишайники.

Характерная морфологическая черта многих высокогорных приземистых растений, например кустарников и кустарничков, — значительное преобладание подземной массы по сравнению с надземной. Низкорослость высокогорных растений связывают с адаптацией к низким температурам и с формообразующим действием радиации, богатой коротковолновой частью спектра, тормозящей ростовые процессы.

Низкие температуры и сильная освещенность способствуют образованию больших количеств антоциана, отсюда глубокие, насыщенные тона окраски цветов. Сочетание небольших листьев при малом росте и крупных яркоокрашенных цветков — характерная черта многих альпийских растений.

Дыхание высокогорных растений устойчиво к неблагоприятным воздействиям, как правило, наблюдается усиление дыхания, а следовательно, и увеличение энергии, освобождающейся при распаде сложных соединений. По современным представлениям, это является одной из физиологических основ приспособленности растений к крайним условиям.

При поднятии в горы меняется и сезонное развитие растений. Так, весной, поднимаясь в горы, можно видеть развитие одного и того же вида в следующей последовательности: в низкогорном поясе — цветение, в среднем — бутонизацию, еще выше — начало вегетации и, наконец, только появление после таяния снега. Осенью же при подъеме в горы наблюдаем ускоренное наступление осенних фенофаз: расцвечивание листвы, листопад, отмирание надземных частей. Четко прослеживается сокращение у растений вегетационного периода.

Наряду с высотой над уровнем моря большое значение для живых организмов имеют экспозиция и крутизна склонов.

В северном полушарии склоны гор, обращенные на юг, получают больше солнечного света, интенсивность света и температура здесь выше, чем на дне долины и на склонах северной экспозиции. В южном же полушарии наблюдается обратная ситуация. Это оказывает поразительное влияние как на естественную растительность, так и на угодья, используемые человеком. Например, широкие расщелины между скалами над Дунаем в восточной Сербии, защищенные от ветров и испытывающие увлажняющее действие реки, способствовали сохранению многих редких, реликтовых и эндемических видов растений, среди них «медвежий орешник» —Corylus colurna, грецкий орех — Juglans regia, сирень (дикая форма) — Syringa vulgaris и др.

***Атмосферное электричество*** действует на живые организмы посредством разрядов и ионизации воздуха. Например, известно губительное действие молний при попадании в крупные деревья, животных. Есть определенные закономерности в частоте повреждаемости молнией различных древесных пород. Это связывают как с формой кроны, так и с электропроводящими свойствами коры, например с быстротой ее намокания. По частоте поражения молниями на первом месте стоят ель и сосна, затем береза, а осина повреждается значительно реже. Молнии вызывают механическое повреждение деревьев (расщепление стволов, трещины), выпадение крупных деревьев, тем самым оказывают влияние на структуру древостоя, зачастую являются причиной возникновения пожаров. Около 21% пожаров лесных угодий России происходит по вине молний, при грозах.

Действие ионизации воздуха на человека, животных и растения еще недостаточно изучено. Вместе с тем достоверно установлена прямая зависимость между самочувствием человека и присутствием легких ионов в воздухе. Высказывается мнение, что ионизация воздуха служит материальной способности некоторых растений «предсказывать погоду» (снижение фотосинтеза и дыхания, закрывание устьиц и прекращение транспирации перед грозой задолго до падения атмосферного давления). Установлена возможность с помощью воздействия направленного электрического поля регулировать темпы перемещения веществ внутри дерева, а следовательно, и темпы его роста.

***Огонь*** в жизни растений и животных — довольно редкий, но весьма действенный фактор. Пожары, например, в лесах, как уже было отмечено ранее, могут возникать как естественным путем от ударов молний, так и по вине человека, в результате его деятельности. Поэтому огонь относят как к естественным экологическим факторам, так и антропогенным.

Серьезные последствия имеют не только верховые лесные пожары, охватывающие весь древостой, но и низовые, которые губят напочвенную растительность, подрост, нижние ветви деревьев, нередко корневую систему. Гибнут животные. Кроме повреждений непосредственно от огня пожары вызывают ухудшение состояния древостоя. Снижается прирост. Ослабленные деревья в большей степени заражаются грибами, такими, как древесная гниль, легко проникающими через «огневые раны», подвергаются нападению насекомых-вредителей.

Лесные пожары сильно изменяют условия обитания растений и животных. После лесных пожаров происходит резкое изменение условий в растительных сообществах (осветление, изменение температурного и других факторов микроклимата), особенно когда произошло уничтожение древостоя, и ведет к тому, что в дальнейшем гари заселяются видами живых организмов с различными адаптивными особенностями, помогающими перенести пожар и выжить на гарях. Так, у растений это глубокие подземные почки возобновления, способность семян долго сохраняться в почве и выдерживать высокую температуру, выносливость к заморозкам, сильной освещенности и т. д.

Возобновление растительности на гарях имеет свои особенности. На выжженных местах из спор, занесенных ветром, появляются мхи-пионеры, через три — пять лет из мхов наиболее обилен «пожарный мох» — Funaria hygrometrica. Из высших растений быстро заселяет гари иван-чай (Chamaenerion angustifolion). Постепенное заселение гарей происходит и древесной растительностью — ивой, березой, осиной и др.

***Шум*** как естественный экологический фактор для живых организмов несуществен, но может оказывать и существенное воздействие с усилением антропогенных воздействий (шум, возникающий при работе транспортных средств, оборудования промышленных и бытовых предприятий, вентиляционных и газотурбинных установок и др.).

Величину звуковых давлений изменяют и нормируют в децибелах. Весь диапазон слышимых человеком звуков укладывается в 150 дБ. На нашей планете жизнь организмов проходит в мире звуков. Например, орган слуха человека приспособлен к некоторым постоянным или повторяющимся шумам (слуховая адаптация). Человек теряет работоспособность без привычных шумов. Сильный шум еще более отрицательно сказывается на здоровье человека. У людей, живущих и работающих в неблагоприятных акустических условиях, имеются признаки изменения функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Исследованиями доказано воздействие шума и на растительные организмы. Так, растения близ аэродромов, с которых непрерывно стартуют реактивные самолеты, испытывают угнетение роста и даже отмечается исчезновение отдельных видов. В целом ряде научных работ показано угнетающее действие шума (около 100 дБ с частотой звука от 31,5 до 90 тыс. Гц) на растения табака, где обнаруживали снижение интенсивности роста листьев, в первую очередь у молодых растений. Привлекает внимание ученых и действие ритмических звуков на растения.

Исследования по изучению действия музыки на растения (кукуруза, тыква, петуния, циния, календула), проведенные в 1969 г. американским музыкантом и певицей Д. Ретолэк, показали, что на музыку Баха и индийские музыкальные мелодии растения отзывались положительно. Их габитус, сухой вес биомассы были наибольшими по сравнению с контролем. И что самое удивительное, так это то, что их стебли прямо-таки тянулись к источнику этих звуков. В то же время на рок-музыку и непрерывные барабанные ритмы зеленые растения отвечали уменьшением размеров листьев и корней, снижением массы, и все они отклонялись от источника звука, как будто бы хотели уйти от губительного действия музыки (рис. 7).



Рис. 7. Вид растений после действия разной музыки:

А — индийские мелодии (Р. Шанкар); Б — музыка И.-С. Баха; В — рок-музыка (опыты Д. Ретолэк, 1969)

Растения, подобно людям, реагируют на музыку как целостный живой организм. Их чувствительными «нервными» проводниками, по мнению ряда ученых, являются флоэмные пучки, меристема и возбудимые клетки, расположенные в разных частях растения, связанные между собой биоэлектрическими процессами. Вероятно, этот факт — одна из причин сходства реакции на музыку у растений, животных и человека.

***Магнитное поле Земли.*** Наша планета Земля обладает магнитными свойствами. Стрелка компаса всегда ориентируется по магнитному меридиану, указывая одним концом на север, другим — на юг. Как у всякого магнита, магнитные силовые линии Земли выходят из одного полюса и через околоземное пространство замыкаются в другом полюсе. За счет этого явления около Земли создается магнитосфера.

Таким образом, жизнь на Земле существует в условиях естественного (земного) магнитного поля. Однако напряженность его не везде одинакова. На Земле есть области сильных магнитных аномалий, например в районах залежей магнетитовых и других руд, богатых железом, где напряженность магнитного поля зачастую превышает среднюю величину в 2—3 раза (район Курской магнитной аномалии — КМА).

В последние годы значительно возрастает количество электромагнитной энергии, рассеиваемой в атмосферу электростанциями, радио- и телетрансляционными станциями, линиями электропередач. С этой точки зрения представляют интерес экспериментальные исследования, в которых выявляется чувствительность к действию магнитного поля.

Например, в 1960 г. была обнаружена способность растений реагировать на направление магнитных силовых линий поля Земли. Семена растений, ориентированные зародышевой частью к южному магнитному полюсу, прорастали более энергично, проростки росли быстрее, чем в случае противоположной или поперечной ориентации. Восприимчивость растений к магнитным воздействиям иллюстрируется рядом других факторов: изгибание корешков и проростков высших растений, спорангиев низших грибов по направлению магнитных силовых линий, получившего название «магнитотропизма».

Обследование свекловичных полей Белгородской области (зона КМА) показало отставание роста ботвы и корней сахарной свеклы в районе с аномальным магнитным полем. В целом ряде экспериментальных исследований выявлено, что искусственные магнитные поля большой напряженности вызывают у растений различные нарушения.

Возможность восприятия позвоночными животными магнитного поля обсуждается в научной литературе с середины XIX в. Впервые данный вопрос на научной основе был поставлен в 1855 г. русским ученым А. Т. Миддендорфом, предположившим возможность ориентации птиц по геомагнитному полю. Позднее аналогичное предположение было высказано и в отношении рыб, а с открытием электрорецепторов проблема восприятия магнитного поля рыбами получила новый толчок к развитию. Оказалось, что ампулы Лоренции скатов очень чувствительны к изменению магнитного поля, вертикально пронизывающего тело.

**Ионизирующие излучения**. Живые организмы нашей планеты постоянно испытывают на себе воздействие ионизирующего излучения. Это необходимый компонент обитания в биосфере. Излучение с очень высокой энергией, которое способно выбивать электроны из атомов и присоединять их к другим атомам с образованием пар положительных и отрицательных ионов, называется ионизирующим излучением. Такой способностью не обладают свет и большая часть солнечного излучения.

Изотопы элементов, которые испускают радиоактивное излучение, называются радиоактивными изотопами, или радионуклидами.

Из трех видов ионизирующего излучения, которые имеют важное экологическое значение, два представляют собой корпускулярное излучение (альфа- и бета-частицы), а третье — электромагнитное (гамма-излучение и близкое ему рентгеновское излучение).

Естественное ионизирующее излучение складывается из трех составляющих: космическая радиация (протоны, альфа-частицы, гамма-лучи), излучение радиоактивных веществ, присутствующих в горных породах, почве, и излучение радиоактивных веществ, попадающих в организм с воздухом, пищей и водой.

Ионизирующее излучение в окружающей среде значительно повысилось в результате использования человеком атомной энергии (атомное оружие, атомные электростанции).

Так, при испытании атомного оружия в атмосферу вносятся радионуклиды, которые в дальнейшем выпадают повсюду в виде радиоактивных осадков. Около 10% энергии ядерного оружия представляют собой остаточную радиацию (Ю. Одум,1986).

Атомные электростанции: получение топлива для их работы, транспортировка и захоронение радиоактивных отходов и наконец, аварии — опаснейшие источники загрязнения природной среды. Например, после аварии 26 апреля 1986 г. на Чернобыльской АЭС данные изотопного анализа первых проб воздуха, воды и почвы, отобранных 26 апреля — 1 мая, показали, что около 30% общей активности приходилось на долю йода-131. Кроме йода-131 в пробах были обнаружены изотопы бария и лантана-140, цезия-137 и -134, рутения-103, циркония-95, теллура-132, церия-141 и нептуния-239, а в зоне отселения, в ближайшей зоне от объекта аварии — изотопы стронция-90 и плутония-239, -240.

Характеризуя степень заражения местности, уровни радиации, дозы облучения, применяют термин радиоактивность, предложенный в 1898 г. Марией Склодовской-Кюри.

Космическое и ионизирующее излучения, испускаемые природными радиоактивными веществами, содержащимися в воде и почве, образуют так называемое фоновое излучение, к которому адаптирована ныне существующая биота. Ряд ученых считает, что поток генов в биоте поддерживается из-за наличия этого фонового излучения. В разных частях биосферы естественный фон различается в 3-4 раза.

Наибольшая его интенсивность наблюдается на больших высотах в горах, образованных гранитными породами, а наименьшая — около поверхности моря и в его поверхностных слоях. Интенсивность космического излучения повышается с увеличением высоты местности над уровнем моря, а гранитные скалы содержат больше встречающихся в природе радионуклидов, чем осадочные породы. Суммарная доза, создаваемая естественным излучением, довольно сильно варьируется в различных районах Земли.

Помимо естественного радиоактивного фона, есть еще понятие техногенно-усиленного радиационного фона, т. е. усиленного в результате деятельности человека. Из чего он складывается? Естественный фон дает примерно одну треть так называемой популяционной дозы общего фона или средней дозы ионизирующего излучения, которая приходится на каждого жителя. Еще треть человек получает при медицинских диагностических процедурах: рентгеновских снимках, флюорографии, просвечиваниях и т. д.

Остальную ее часть дает пребывание человека в современных зданиях. В кирпиче и бетоне присутствуют, хотя и в малых количествах, такие радиоактивные элементы, как уран, торий, радий и др.

Ионизирующее облучение оказывает на более высокоразвитые и сложные организмы более губительное или повреждающее действие. Человек отличается особой чувствительностью. У высших растений чувствительность к ионизирующему излучению, по данным экспериментов, прямо пропорциональна размеру клеточного ядра (точнее — объему хромосом или содержанию ДНК).

У высших животных не обнаружено такой прямой зависимости между чувствительностью и строением клеток. Для них более важное значение имеет чувствительность отдельных систем органов. Например, млекопитающие чувствительны к низким дозам вследствие легкой повреждаемости облучением быстро делящейся ткани костного мозга.

В 50—70-х гг. XX в. широко проводилось изучение влияния гамма-излучения, как правило, кобальта-60 и цезия-13 7 с активностью 10000 КИ и выше, на сообщества и экосистемы. Вблизи от этих мощных источников не выживало ни одно высшее растение или животное. Замедление роста растений и уменьшение видового разнообразия животных отмечалось и при таких низких уровнях, как 2—5 рад в сутки. Радионуклиды, попадая в окружающую среду, рассеиваются, разбавляются и могут различными способами накапливаться в живых организмах при движении по пищевой цепи. Эти явления называют «биологическим накоплением». Радиоактивные вещества обладают способностью накапливаться в воде, почве, осадках или в воздухе, если скорость их поступления превышает скорость естественного радиоактивного распада. И зачастую небольшое, казалось бы, безобидное количество радиоактивных веществ может стать в дальнейшем смертельно опасным.

***Контрольные вопросы и задания***

1. *Перечислите основные абиотические факторы среды. 2. На какие группы подразделяют организмы по отношению к температуре? 3. Дайте определение пойкилотермных и гомойотермных животных. Какие животные относятся к пойкилотермным? Какие животные относятся к гомойотермным? 4. В чем заключается правило Бергмана? 5. Объясните в чем заключается суть правила Аллена. 5. Охарактеризуйте основные пути приспособлений живых организмов к воздействию неблагоприятных температурных условий среды. 6. На какие экологические группы делят растения по требованию к условиям освещения? 7. Что такое фототропизм? 8. Какие экологические группы растений выделяют по отношению к воде? Дайте их краткую характеристику. 9. Какие способы регуляции водного баланса характерны для животных? Приведите примеры.*

***Литература***

1. *Дроздов В.В. Общая экология. Учебное пособие. - СПб.: РГГМУ, 2011.-412 с.*
2. *Степановских А.С. Экология. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.-703с.*
3. *Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. - М.: Дрофа, 2004. - 416с.*