

Государственное областное автономное образовательное учреждение
«Центр поддержки одаренных детей «Стратегия»

Рассмотрена и принята на заседании
Педагогического совета ГООАУ «Центр
поддержки одаренных детей «Стратегия»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ГООАУ «Центр поддержки
одаренных детей «Стратегия»
И.А. Шуйкова

Протокол от
« 31 » 08 20 18 г. № 1



Приказ от
20 18 г. № 140/1 - 1

Образовательная программа по экологии 7-10 классов, реализуемая в
форме электронного обучения, с применением дистанционных
образовательных технологий

Возраст обучающихся: 13-16 лет
Срок реализации: 1 год.

Авторы программы:
Усачева И.Н., преподаватель

г. Липецк, 2018

Модуль 1. Экология как интегрирующая наука о природе.

2. Цели модуля:

1. Знакомство с историей олимпиадного движения по экологии.
2. Овладение слушателями современными научными знаниями в области общей экологии.
3. Разбор примеров решения олимпиадных заданий по экологии.
4. Развитие интереса к изучению экологии.

3. Теоретический материал по теме модуля.

Введение. Олимпиадное движение по экологии.

1.1. Экология как интегрирующая наука о природе.

1.2. Задачи экологии.

1.3. История развития экологии. Методы экологических исследований

Введение. Олимпиадное движение по экологии.

Всероссийская олимпиада школьников, безусловно, является самой массовой олимпиадой, и проводится Министерством образования и науки Российской Федерации уже более полувека по общеобразовательным предметам. В состязаниях участвуют школьники всех регионов России. Основной целью проведения олимпиад школьников является поиск и поддержка талантливых детей, содействие развитию их способностей, в том числе через привлечение талантливых школьников к участию в олимпиадах.

История олимпиадного движения в России

Начало Всероссийских предметных олимпиад школьников в их современном виде связано со становлением России как суверенного государства в 1991 году. Однако история олимпиадного движения в России начинается гораздо раньше. Так, например, еще в XIX веке «Олимпиады для учащейся молодежи» проводило Астрономическое общество Российской Империи. История олимпиадного движения в России позволяет увидеть, как расставлялись акценты в системе образования России на протяжении более чем полувека. По ней можно проследить, какие учебные предметы и в какое время считались главными, а какие — второстепенными, какие новые предметы активно входили в жизнь, а какие утрачивали свои позиции, и с чем были связаны эти процессы.

В то же время менялись и подходы к определению содержания образования в средней школе, а содержание образования, как известно, является социальным заказом общества государству. История олимпиадного движения отражает эволюцию подходов к определению содержания образования в средней школе, произошедшую в прошлом веке и существующую и в настоящее время:

Расцвет олимпиад начался с середины XX века. Страна бурно развивалась в техническом отношении, покоряла космос, и стране нужны были активные и талантливые инженеры. Далее, в стране происходит

научно-техническая революция, ей нужны ученые в различных областях, и в том числе — в естественнонаучных. В этот период, в семидесятые годы, к уже ставшим традиционными олимпиадам постепенно присоединяются олимпиады по биологии, географии, экологии.

Современная школа, призвана дать ученику не только и не столько готовые знания и опыт осуществления деятельности по образцу, а, прежде всего, опыт деятельности творческой, опыт эмоционально-ценностных отношений личностного порядка. Поэтому в конце XX века в числе олимпиад появляется большое количество гуманитарных — олимпиады по литературе, истории, обществоведению, иностранному языку, праву.

Как ответ на резкое ухудшение состояния окружающей среды, вызванное бурным промышленным ростом прошлых лет, создается и становится популярной олимпиада по экологии.

Согласно Положению о Всероссийской олимпиаде школьников, Всероссийская олимпиада по экологии проводится в 5 этапов:

школьный - организуется образовательными учреждениями; проводится в октябре-ноябре; участие в нём могут принимать желающие учащиеся 5-11 классов образовательных учреждений; проводится по заданиям, разработанным предметно-методическими комиссиями муниципального этапа Олимпиады;

муниципальный - организуется органами местного самоуправления в сфере образования; проводится в ноябре - декабре; участие в нём могут принимать учащиеся 7-11 классов образовательных учреждений, ставшие победителями и призёрами предыдущего этапа; проводится по заданиям, разработанным предметно-методическими комиссиями регионального этапа Олимпиады;

региональный - организуется органами государственной власти субъектов Российской Федерации в сфере образования; проводится в январе - феврале; участие в нём могут принимать учащиеся 9-11 классов образовательных учреждений, ставшие победителями и призёрами предыдущего этапа; проводится по олимпиадным заданиям, разработанным центральной предметно-методической комиссией Олимпиады;

федеральный окружной - проводится государственными органами управления образованием субъектов Российской Федерации по решению Министерства образования и науки Российской Федерации.

заключительный - организуется Министерством образования и науки; проводится в апреле; помимо победителей и призёров предыдущего этапа олимпиады, в заключительном этапе принимают участие победители и призёры заключительного этапа прошлого года, если они по-прежнему обучаются в образовательных учреждениях.

Олимпиада по экологии включает теоретический и практический туры. Задания теоретического тура могут быть разного типа.

Согласно Положению, победители и призёры определяются на основании результатов участников соответствующих этапов олимпиады. Победители и призёры школьного этапа, набравшие больше половины

максимальных баллов, допускаются к участию в муниципальном этапе, победители и призёры муниципального - в региональном.

1.1. Экология как интегрирующая наука о природе.

Экология (от греч. «ойкос» — дом, жилище и «логос» — учение) — наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают. Изначально экология развивалась как составная часть биологической науки, в тесной связи с другими естественными науками — химией, физикой, геологией, географией, почвоведением, математикой.

Предметом экологии является совокупность или структура связей между организмами и средой. Главный объект изучения в экологии — экосистемы, т. е. единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания. Кроме того, в область ее компетенции входит изучение отдельных видов организмов (организменный уровень), их популяций, т. е. совокупностей особей одного вида (популяционно-видовой уровень) и биосферы в целом (биосферный уровень). (Уровни организации жизни; надорганизменный уровень)

Современная экология не ограничивается только рамками биологической дисциплины, трактующей отношения главным образом животных и растений, она пре-вращается в междисциплинарную науку, изучающую сложнейшие проблемы взаимодействия человека с окружающей средой. Актуальность и многогранность этой проблемы, вызванной обострением экологической обстановки в масштабах всей планеты, привела к «экологизации» многих естественных, технических и гуманитарных наук.

Например, на стыке экологии с другими отраслями знаний продолжается развитие таких новых направлений, как инженерная экология, геоэкология, математическая экология, сельскохозяйственная экология, космическая экология и т. д.

Соответственно более широкое толкование получил и сам термин «экология», а экологический подход при изучении взаимодействия человеческого общества и природы был признан основополагающим.

Современная экология тесно связана с политикой, экономикой, правом (включая международное право), психологией и педагогикой, так как только в союзе с ними возможно преодолеть технократическую парадигму мышления, свойственную XX в., и выработать новый тип экологического сознания, коренным образом меняющий поведение людей по отношению к природе.

Структура современной экологии

Основной, традиционной, частью экологии как биологической науки является общая экология, которая изучает общие закономерности взаимоотношений любых живых организмов и среды (включая человека как биологическое существо).

В составе общей экологии выделяют следующие основные разделы:

— аутэкологию, исследующую индивидуальные связи отдельного организма (виды, особи) с окружающей его средой;

— популяционную экологию (демоэкологию), в задачу которой входит изучение структуры и динамики популяций отдельных видов. Популяционную экологию рассматривают и как специальный раздел аутэкологии;

— синэкологию (биоценологию) — изучающую взаимоотношение популяций, сообществ и экосистем со средой.

Для всех этих направлений главным является изучение выживания живых существ в окружающей среде и задачи перед ними стоят преимущественно биологического свойства — изучить закономерности адаптации организмов и их со-обществ к окружающей среде, саморегуляцию, устойчивость экосистем и биосферы и т. д.

В последнее время роль и значение биосферы как объекта экологического анализа непрерывно возрастает. Особенно большое значение в современной экологии уделяется проблемам взаимодействия человека с окружающей природной средой. Выдвижение на первый план этих разделов в экологической науке связано с резким усилением взаимного отрицательного влияния человека и среды, возросшей ролью экономических, социальных и нравственных аспектов, в связи с резко негативными последствиями научно-технического прогресса.

Экологическими проблемами Земли как планеты занимается интенсивно развивающаяся глобальная экология, основным объектом изучения которой является биосфера как глобальная экосистема. В настоящее время появились и такие специальные дисциплины, как социальная экология, изучающая взаимоотношения в системе «человеческое общество — природа», и ее часть — экология человека (антропоэкология), в которой рассматривается взаимодействие человека как биосоциального существа с окружающим миром.

1.2. Задачи экологии

С научно-практической точки зрения вполне обосновано деление экологии на теоретическую и прикладную.

Теоретическая экология вскрывает общие закономерности организации жизни.

Прикладная экология изучает механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов. Научную основу прикладной экологии составляет система общеэкологических законов, правил и принципов.

Исходя из приведенных выше понятий и направлений следует, что задачи экологии весьма многообразны.

В общетеоретическом плане к ним относятся:

- разработка общей теории устойчивости экологических систем;
- изучение экологических механизмов адаптации к среде;

- исследование регуляции численности популяций;
- изучение биологического разнообразия и механизмов его поддержания;
- исследование продукционных процессов;
- исследование процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости;
- моделирование состояния экосистем и глобальных биосферных процессов.

Основные прикладные задачи, которые экология должна решать в настоящее время, следующие:

- прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в окружающей природной среде под влиянием деятельности человека;
- улучшение качества окружающей природной среды;
- сохранение, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов;
- оптимизация инженерных, экономических, организационно-правовых, социальных и иных решений для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития, в первую очередь в экологически наиболее неблагоприятных районах.

Стратегической задачей экологии считается развитие теории взаимодействия природы и общества на основе нового взгляда, рассматривающего человеческое общество как неотъемлемую часть биосферы.

Таким образом, экология становится одной из важнейших наук будущего и, «возможно, само существование человека на нашей планете будет зависеть от ее прогресса» (Ф. Дре, 1976).

1.3. История развития экологии. Методы экологических исследований

Экология как наука сформировалась лишь в середине XX столетия после того, как были накоплены сведения о многообразии живых организмов на Земле, об особенностях их образа жизни. Возникло понимание, что не только строение и развитие организмов, но и взаимоотношения их со средой обитания подчинены определенным закономерностям, которые заслуживают специального и тщательного изучения.

Как и большинство наук, экология имеет длительную предысторию. Ее обособление из системы других естественных наук представляет собой естественный этап роста научных знаний о природе.

Первобытное общество. Накопление практических экологических сведений имело место в первобытном обществе, позднее это послужило основой для развития экологии. Первобытный человек отмечал, где и в каких местообитаниях (сообществах) можно добывать пищу – съедобные корни, плоды, рыбу и пр. Для развития растениеводства и животноводства из сообществ изымались определенные популяции растений и животных. В результате накапливались практические сведения об их жизни.

V-II вв. до н. э. Древнегреческие ученые Эмпедокл (V в. до н. э.) и Аристотель (IV в. до н. э.) отмечали взаимосвязь растений и животных с окружающей средой. Аристотель (384-322 гг. до н. э.) описал свыше 500 видов животных, отмечая их поведение, например, миграцию и зимнюю спячку рыб, перелеты птиц, паразитизм кукушки, способ защиты у каракатицы и т.д.; провел экологическую классификацию животных: 1) по способам передвижения (плавающие, ходящие, летающие, извивающиеся, волочащиеся); 2) по способам питания (плотоядные, травоядные, всеядные, специализированные). Ученик Аристотеля, «отец ботаники», Теофраст Эрезийский (371-280 гг. до н. э.) отмечал зависимость форм растений и особенностей роста от условий окружающей среды (почвы и климата). В IV-II вв. до н. э. в древних индийских сказаниях упоминаются сведения об изменениях численности животных, о запрете убоя самок на охоте и пр.

Средние века. Средние века характеризуются ослаблением интереса к изучению природы и господством богословия и схоластики.

Эпоха возрождения. Развивается систематика. Первые систематики А. Цезальпин (1519-1603), Д. Рей (1623-1705), Ж. Турнефор (1656-1708) и др. отмечали зависимость растений от условий произрастания или возделывания; о местах их обитания и т.п.; дал сведения о поведении, образе жизни животных.

Описание растений и животных, их внешнего и внутреннего строения, разнообразие форм – главное содержание биологии на ранних этапах ее развития.

Эпоха Нового времени. Более широко описания экологических представлений стали появляться в XVII-XVIII вв. В этот период экологические сведения составляли значительную часть в работах, посвященных отдельным группам живых организмов, например, в трудах А. Реомюра о насекомых (1734), Л. Трамбле о гидрах и мшанках (1744) или в описаниях путешествий по России географов и натуралистов С.П. Крашенинникова, И.И. Лепехина, П.С. Палласа и др. П.С. Паллас написал 1^{ый} зоогеографический очерк России, в котором провел классификацию местообитаний животных.

В трудах французского естествоиспытателя Ж. Бюффона (1707-1788) освещена проблема влияния внешних условий на строение животных. Считая возможным «перерождение» видов, Бюффон полагал основными причинами превращения одного вида в другой влияние таких внешних факторов, как «температура климата, качество пищи и гнет одомашнивания».

Глубокие мысли о влиянии внешней среды на организмы высказывали М.В. Ломоносов и А.А. Каверзнев.

Ученый-агроном А.Т. Болотов в 1780 г. разработал первую классификацию местообитаний травянистых растений.

Жан Батист Ламарк (1744-1829), автор 1^{го} эволюционного учения, считал, что влияние «внешних обстоятельств» – одна из самых важных причин приспособительных изменений организмов, эволюции животных и растений. Ламарк первый ввел понятие единой науки биологии и, таким

образом, открыл дорогу новым обобщающим биологическим теориям - теории эволюции, а также идее о глобальном масштабе биологического метаболизма, претворенной позднее В.И. Вернадским в учение о биосфере.

В первой половине XIX века известный путешественник и ботаник А. Гумбольдт (1769-1859) создал основы географии растений, тем самым определил новое экологическое направление в географии – биогеографию. А. Гумбольдт ввел в науку представление о том, что «физиономия» ландшафта определяется внешним обликом растительности. В сходных зональных и вертикально-поясных географических условиях у растений разных таксономических групп вырабатываются сходные «физиономические» формы, т.е. одинаковый внешний облик; по распределению и соотношению этих форм можно судить о специфике физико-географической среды. Появились первые работы, посвященные влиянию климатических факторов на распространение и биологию животных, например, книга немецкого зоолога К. Глогера об изменениях птиц под влиянием климата (1833) и датчанина Т. Фабера об особенностях биологии северных птиц (1826), К. Бергмана о географических закономерностях в изменении размеров теплокровных животных (1848). А. Декандоль в «Географии растений» (1855) подробно описал влияние отдельных факторов среды (температуры, влажности, света, типа почвы, экспозиции склона) на растения и обратил внимание на повышенную пластичность растений по сравнению с животными.

Весомый вклад в зарождение экологии внес русский зоолог Э.А. Эверсман (1794-1860). В своих работах он уделял внимание биотическим связям видов. Его зоогеография Оренбургского края в значительной степени являлась экологической.

2. Существенную лепту в овладение экологическими методами и понятиями внес профессор Московского университета К.Ф. Рулье (1814-1858). Он разработал экологию животных и назвал ее зообиологией. В его работах можно встретить термины, близкие к современным понятиям: популяция, биоценоз, биологический вид. Разработал широкую систему экологического исследования животных.

Среди учеников К.Ф. Рулье глубокий след в становлении экологии оставил Н.А. Северцов (1827-1885). Его труд «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии» (1855) – первое в России глубокое экологическое исследование животного мира отдельного региона.

В середине XIX века термин экология употребляется все чаще, но всеобщее признание он получил лишь к его концу.

Важную роль в развитии экологии сыграл труд Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859). Ч. Дарвин показал, что «борьба за существование в природе, под которой он понимал все формы противоречивых связей вида со средой, приводит к естественному отбору, т.е. является движущим фактором эволюции». Стало ясно, что взаимоотношения живых существ и связи их с неорганическими

компонентами среды («борьба за существование») – большая самостоятельная область исследований.

Родоначальником экологии, давшим имя этой науке, считается последователь Ч. Дарвина немецкий зоолог Э. Геккель. В 1866 г. он вводит термин экология (от греч. «oikos» – дом, жилище, «логос» – наука). Следовательно, в буквальном смысле экология – наука о жилище (организмов). С другой стороны, Э. Геккель понимает экологию как «экономию природы», что значительно расширяет ее смысл.

В 1869 г. Э. Геккель включил в экологию изучение взаимоотношений животных с окружающей средой как органической (с другими живыми организмами), так и неорганической (абиотическими условиями среды).

Немецкий гидробиолог К. Мебиус в 1877 г. детально описал все животное-растительное население устричной банки (мели) в Северном море и назвал его биоценозом. По Мебиусу, биоценозы, или природные сообщества, обусловлены длительной историей приспособления видов друг к другу и к условиям среды обитания.

Учение о растительных сообществах обособилось в отдельную область ботанической экологии благодаря трудам русских ученых С.И. Коржинского и И.К. Пачоского, назвавшего новую науку «фитосоциологией». Позднее она переименована в «фитоценологию», а затем названа геоботаникой; основные положения этой науки разработаны в трудах Г.Ф. Морозова и В.Н. Сукачева на основе учения о лесе.

Таким образом, во второй половине XIX столетия содержанием экологии было в основном изучение образа жизни животных и растений и их адаптаций к климатическим условиям: температуре, влажности, световому режиму и т.д.

В конце XIX века усиливается внимание к проблемам истощения рыбных и охотничьих запасов, лесных и сельскохозяйственных ресурсов. В это же время закладываются основы ландшафтной зональности. В.В. Докучаев (1846-1903) – основатель научного почвоведения проводит большую работу по изучению природной зональности на территории России.

В первые десятилетия XX века экология как наука активно развивается в 4^х странах – в США, Англии, Германии и СССР. На III ботаническом конгрессе в Брюсселе в 1910 г. экология растений официально разделилась на экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Это деление распространилось и на экологию животных, и на общую экологию. Появились первые экологические сводки – руководство по изучению экологии животных Ч. Адамса (1913), книги В. Шелфорда о сообществах наземных животных (1913), С.А. Зернова по гидробиологии (1913). В 1913-1920 гг. организуются экологические научные сообщества, экологические журналы, экологию преподают в университетах.

К 30-м годам утверждаются основные теоретические представления в области биоценологии, разрабатывается соответствующая терминология. Наибольшее значение в этом имели фитоценологические исследования В.Н. Сукачева, Б.А. Келлера, В.В. Алехина, Л.Г. Раменского, А.П.

Шенникова, за рубежом – Ф. Клементса (США), К. Раункиера (Дания), Г. ДюРие (Швеция), И. Браун-Бланке (Швейцария).

В 30-40-х годах развивается общая экология. Большая роль в ее развитии принадлежит Д.Н. Кашкарову, опубликовавшему в 1933 г. сводку «Среда и сообщество», в 1938 г. создавшему первый в нашей стране учебник по основам экологии животных.

В 30^х годах оформилась новая область экологической науки – популяционная экология, основоположником которой считается английский ученый Ч. Элтон. В нашей стране в развитие этой области экологии внесли вклад С.А. Северцов, С.С. Шварц, Н.П. Наумов, Г.А. Викторов.

Вопросы популяционной экологии растений разрабатываются в трудах Е.Н. Синской (1948), Т.А. Работнова, А.А. Уранова и их последователей.

Благодаря трудам М.С. Гилярова, С.С. Шварца развивается морфологическая и эволюционная экология животных.

В 1935 г. английский ученый А. Тэнсли развивает понятие экосистемы, в 1942 г. русский ученый В.Н. Сукачев обосновал представление о биогеоценозе. Оба эти понятия отражали идею единства органической (живой) и неорганической природы благодаря круговороту веществ, обеспечивающему функционирование экосистемы и стабильность ее в течение времени. Таким образом, в этот период развивается экосистемная экология.

С развитием экосистемной и популяционной экологии утверждаются методы количественного анализа надорганизменных систем (популяций, сообществ, биогеоценозов), дающие основу для математического моделирования – вследствие чего, экологию можно считать точной наукой, способной составлять научные прогнозы.

На новой экологической основе возрождается и развивается учение В.И. Вернадского о биосфере. Биосфера рассматривается как самая крупная экосистема планеты, стабильность и функционирование которой основаны на экологических законах обеспечения баланса вещества и энергии.

3. Еще больший всеобщий интерес к экологии возникает в середине XX в. в связи с экстренной необходимостью охраны природы. Экология становится основной теоретической базой рационального природопользования.

Современная научная программа исследований «Человек и биосфера» направлена на более глубокое изучение основных законов взаимодействия природы и общества.

Итоговый практический результат развития экосистемной экологии – осознание полной зависимости человеческого общества от состояния природы на планете и необходимости перестройки экономики в соответствии с экологическими законами.

В структуре современной экологии Н.Ф. Реймерс (1994) выделяет следующие крупные разделы экологии как науки: теоретическая экология (биоэкология, общая экология), прикладная экология, а также экология человека и социальная экология (по Коробкину В.И., Передельскому Л.В.,

2002 г.).

Теоретическая экология вскрывает общие закономерности организации жизни, в том числе в связи с антропогенным воздействием на природные системы.

Прикладная экология изучает механизмы разрушения биосферы, способы предотвращения этого процесса и разрабатывает принципы рационального природопользования. Естественнонаучной основой прикладной экологии служат законы, правила и принципы фундаментальной (теоретической) экологии.

Общая экология (биоэкология) изучает взаимоотношения компонентов в биотических системах по уровням биологической организации, начиная с организменного. Поэтому ее подразделяют в зависимости от уровня организации на *аутэкологию* (особей и видов организмов), *популяционную экологию* и *синэкологию* (экологию сообществ). Кроме того, она классифицируется по конкретным объектам и средам исследования, т.е. различают экологию животных, экологию растений, экологию моря и т. д.

Экологическими проблемами Земли как планеты занимается *глобальная экология*, объектом изучения которой является биосфера, как глобальная экосистема. В настоящее время появились такие дисциплины, как *социальная экология*, изучающая взаимоотношения в системе «человеческое общество – природа» и ее часть – *экология человека*, в которой рассматривается взаимодействие человека как биосоциального существа с окружающим миром. Одним из новых самостоятельных ответвлений экологии человека становится ее быстро развивающаяся отрасль – *валеология*, рассматривающая вопросы приобретения человеком навыков здорового образа жизни.

Методы экологических исследований. Экология применяет различные методы исследования надорганизменных систем. Среди них описательный метод, сравнительный, экспериментальный, математическое моделирование.

Описательный метод основывается на описании качественных и количественных признаков экосистем, биоценозов, популяций. В результате накапливается базовый материал, требующий для дальнейшего исследования приложения других методов.

Сравнительный метод используется для установления степени сходства и различия между исследуемыми объектами.

Экспериментальный метод используется для изучения реакций популяции на факторы среды в биотопе. С этой целью отдельный организм или небольшая часть популяции в лабораторных условиях подвергается воздействию градиента изучаемого фактора, например, температуры, солености воды и т.д. (однофакторные эксперименты) или нескольких контролируемых факторов одновременно (многофакторные эксперименты). Для расчета получаемых результатов требуется применение системного анализа.

Полевые эксперименты (экологические) имеют недостаточно высокую степень точности несмотря на то, что всесторонне характеризуют природные условия. В ходе полевых экспериментов выясняют варьирование уровня эксплуатации ресурса (например, изменение нормы отстрела охотничьих животных, вылова определенных видов рыб), полное изъятие из экосистемы какой-либо популяции (например, волков) или, наоборот, внедрение в экосистему нового вида (акклиматизация вида) с обязательным изучением при этом последствий.

Полевой эксперимент предполагает наличие контрольных площадок (сходные с экспериментируемыми), в которых таких изменений, как в природных экспериментируемых системах, на время опыта не производится, и служат они для сравнительного анализа полученных результатов.

В настоящее время для постановки специальных полевых экспериментов используется массовое мечение животных, прикрепление к ним радиодатчиков, дистанционное фотографирование экосистем, ночные визуальные исследования в инфракрасных лучах, экспрессанализы состояния среды и пр.

Математическое моделирование – наиболее прогрессивный метод современной экологии. Суть метода заключена в построении уменьшенной во много раз копии изучаемой экосистемы. Ею является упрощенная схема изучаемой системы, в которой обязательным условием должно быть сохранение существенных связей, характерных для оригинала.

Затем, меняя значения отдельных параметров, исследуют, как поведет себя данная искусственная система, т.е. как изменится конечный результат. Модели строят на основании исследований, накопленных в полевых наблюдениях и экспериментах.

Модели подразделяют на реальные (натурные), примером которых может служить аквариум (модель водоема), ящик с посевами пшеницы (модель пшеничного поля) и знаковые (абстрактные), представляемые в виде сжатого словесного описания, графиков, диаграмм, математических символов.

4. Разобранные задачи (примеры)

Задание 1: выберите два правильных ответа из шести возможных

1. Непосредственными предшественниками создания учения В. И. Вернадского о биосфере были:

- а) Э. Зюсс; +
- б) Ж. Б. Ламарк;
- в) Ж. Кювье;
- г) В. В. Докучаев; +
- д) А. А. Григорьев;

е) А. Тенсли.

Задание 2: обоснуйте правильность/неправильность утверждения

Экология на современном этапе развития перестала быть наукой о жизни, поскольку изучается в различных научных направлениях, таких как: география, химия, физика, экономика, педагогика и др.

Ответ нет: это наука о жизни, т.к. в центре внимания любого направления экологии как науки стоит жизнь (на любом из уровней организации от организма – до биосферы) и система ее взаимосвязей с окружающей средой. Однако, экология сегодня - интегральная наука, т.к. вопросы экологии изучаются в различных научных и прикладных направлениях и специализациях

Задание 3: выберите один правильный ответ из четырех предложенных с его обоснованием и обоснованием трех остальных неправильных ответов

Существует точка зрения, согласно которой работу по охране природы нашей страны следует начинать после того, как будут решены экономические проблемы. При этом в качестве аргумента приводится ссылка на успешный опыт Западной Европы середины XX века. Указанная точка зрения:

- а) верна, поскольку при достаточном уровне финансирования можно полностью восстановить экосистемы любой степени деградации;
- б) неверна, поскольку решение экологических проблем Западной Европы во второй половине XX века было возможным за счет малонарушенных экосистем Восточной Европы и Северной Азии, которые в то время поддерживали экологическое равновесие на континенте, а сегодня вовлекаются в активное хозяйственное использование;
- в) верна, поскольку, согласно концепции устойчивого развития, экономические интересы должны преобладать над экологическими;
- г) неверна, поскольку экосистемы Западной Европы в середине XX века были практически малонарушенными, а в современной России находятся в катастрофическом состоянии.

Ответ а) не является верным. Природные экосистемы имеют предел хозяйственной емкости, выше которого деградация становится необратимой.

Ответ б) является верным. Решение экологических проблем Западной Европы во второй половине XX века было возможным за счет малонарушенных экосистем Восточной Европы и Северной Азии, которые в то время поддерживали экологическое равновесие на континенте, а сегодня вовлекаются в активное хозяйственное использование.

Ответ в) не является верным. Согласно концепции устойчивого развития, экономические интересы должны учитываться наряду с экологическими и социальными.

Ответ г) не является верным. В середине XX века экосистемы промышленно развитой Западной Европы были сильно нарушенными. В современной же России в катастрофическом, кризисом состоянии находятся далеко не все экосистемы. Часть экосистем (особенно в Сибири, на Дальнем Востоке) можно отнести к малонарушенным.

5. Домашнее задание

Задание 1: выберите правильный ответ из четырёх возможных

Основываясь на определении экологии выберите правильное утверждение:

- а) экология представляет собой науку об отношении человека и общества;
- б) после лесных пожаров в нашем районе отмечается ухудшение экологии;
- в) экология является теоретической основой природопользования;
- г) экология – это наука о взаимоотношении видов друг с другом.

Задание 2: обоснуйте правильность/неправильность утверждения

Термин «Экология» ввел учёный-естествоиспытатель В. И. Вернадский

Задание 3: выберите один правильный ответ из четырех предложенных и письменно обоснуйте, почему этот ответ вы считаете правильным, а также в чём заключается неполнота или ошибочность трёх других предложенных вариантов ответа

Палеоэкологический кризис, вызванный сильнейшей аридизацией климата в степях Восточной Европы 4500-4000 лет назад:

- а) не имел существенных социальных последствий;
- б) способствовал изменению хозяйственного уклада живущих там племен, заключающемуся в переходе от доминирования скотоводства к доминированию земледелия;
- в) имел катастрофические последствия для населения того времени, изменив окружающую среду, сделав ее непригодной для жизни;

г) обусловил расширение обитания населения того времени и появлению сезонной специализации в использовании пастбищных угодий.

6. Рекомендуемая литература.

1. Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С. Гилярова. Изд. 2е, исправленное. – М.: Советская энциклопедия, 1989.
2. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах: Учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2002.
3. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990.
4. Чернова Н.М., Былова А.М. Экология: Учебное пособие для студентов биол. спец. ин-тов. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1988.
5. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб.пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др.; Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002.

Модуль 2. Среды жизни организмов.

2. Цели модуля:

1. Овладение слушателями современными научными знаниями в области общей экологии.
2. Разбор примеров решения олимпиадных заданий по экологии.
3. Развитие интереса к изучению экологии.
4. Формирование экологической культуры.

3. Теоретический материал по теме модуля.

2.1. Среды жизни организмов.

2.2. Понятие об экологических факторах среды, их классификация.

2.3. Адаптация.

2.4. Общие закономерности воздействия факторов среды на живые организмы.

2.1. Среды жизни организмов.

Среда обитания – это та часть природы, которая окружает живой организм и с которым он непосредственно взаимодействует (это совокупность абиотических и биотических условий жизни организма, постоянно меняющихся в течение времени).

Живыми организмами освоено 4 среды обитания: водная, наземно-воздушная, почва, живые организмы.

Вода как среда обитания имеет ряд специфических свойств, таких, как большая плотность, сильные перепады давления, относительно малое содержание кислорода, сильное поглощение солнечных лучей и др. Водоемы и отдельные их участки различаются, кроме того, солевым режимом, скоростью горизонтальных перемещений (течений), содержанием взвешенных частиц. Для жизни придонных организмов имеют значение свойства грунта, режим разложения органических остатков и т. п. Поэтому наряду с адаптациями к общим свойствам водной среды ее обитатели должны быть приспособлены и к разнообразным частным условиям. Обитатели водной среды получили в экологии общее название *гидробионтов*. Они населяют Мировой океан, континентальные водоемы и подземные воды. В любом водоеме можно выделить различные по условиям зоны.

Экологические зоны Мирового океана

В океане и входящих в него морях различают прежде всего две экологические области: толщу воды – *пелагиаль* и дно – *бенталь* (рис. 1). В зависимости от глубины бенталь делится на *сублитторальную* зону – область плавного понижения суши до глубины примерно 200 м, *баттальную* – область крутого склона и *абиссальную* зону – область океанического ложа со средней глубиной 3–6 км. Еще более глубокие области бентали, соответствующие впадинам океанического ложа, называют *ультраабиссалью*. Кромка берега, заливаемая во время приливов, называется

литоралью. Выше уровня приливов часть берега, увлажняемая брызгами прибоя, получила название *супралиторали*.

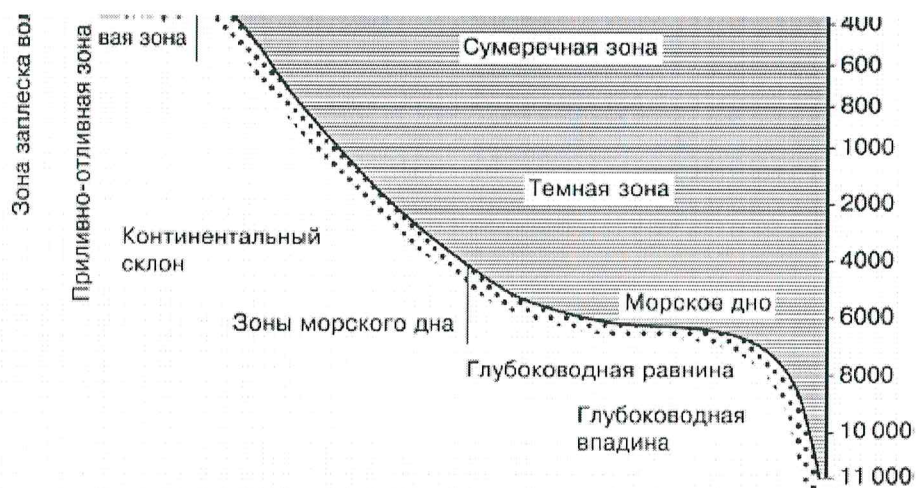


Рис. 1. Экологические зоны Мирового океана

Естественно, что, например, обитатели сублиторали живут в условиях относительно невысокого давления, дневного солнечного освещения, часто довольно значительных изменений температурного режима. Обитатели абиссальных и ультраабиссальных глубин существуют во мраке, при постоянной температуре и чудовищном давлении в несколько сотен, а иногда и около тысячи атмосфер. Поэтому одно лишь указание на то, в какой зоне бентали обитает тот или иной вид организмов, уже говорит о том, какими общими экологическими свойствами он должен обладать. Все население дна океана получило название *бентоса*.

Организмы, обитающие в толще воды, или пелагиали, относятся к *пелагосу*. Пелагиаль также делят на вертикальные зоны, соответствующие по глубине зонам бентали: *эпипелагиаль*, *батипелагиаль*, *абиссопелагиаль*. Нижняя граница эпипелагиали (не более 200 м) определяется проникновением солнечного света в количестве, достаточном для фотосинтеза. Фотосинтезирующие растения глубже этих зон существовать не могут. В сумеречных батипелагиальных и полных мрака абиссальных глубинах обитают лишь микроорганизмы и животные. Разные экологические зоны выделяются и во всех других типах водоемов: озерах, болотах, прудах, реках и т. д. Разнообразие гидробионтов, освоивших все эти места обитания, очень велико.

Основные свойства водной среды

Плотность воды – это фактор, определяющий условия передвижения водных организмов и давление на разных глубинах. Для дистиллированной воды плотность равна 1 г/см^3 при $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Плотность природных вод, содержащих растворенные соли, может быть больше, до $1,35 \text{ г/см}^3$. Давление возрастает с глубиной примерно в среднем на $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (1 атм) на каждые 10 м.

В связи с резким градиентом давления в водоемах гидробионты в целом значительно более эврибатны по сравнению с сухопутными организмами. Некоторые виды, распространенные на разных глубинах, переносят давление от нескольких до сотен атмосфер. Например, голотурии черви обитают от прибрежной зоны до ультраабиссали. Даже пресноводные обитатели, например инфузории-туфельки, сувойки, жуки-плавунцы и др., выдерживают в опыте до $6 \cdot 10^7$ Па (600 атм).

Однако многие обитатели морей и океанов относительно стенобатны и приурочены к определенным глубинам. Стенобатность чаще всего свойственна мелководным и глубоководным видам. Только на литорали обитают кольчатый червь пескожил, моллюски морские блюдечки. Многие рыбы, например из группы удильщиков, головоногие моллюски, ракообразные, погонофоры, морские звезды и др. встречаются лишь на больших глубинах при давлении не менее $4 \cdot 10^7$ – $5 \cdot 10^7$ Па (400–500 атм).

Плотность воды обеспечивает возможность опираться на нее, что особенно важно для бесскелетных форм. Плотность среды служит условием парения в воде, и многие гидробионты приспособлены именно к этому образу жизни. Взвешенные, парящие в воде организмы объединяют в особую экологическую группу гидробионтов – *планктон* («планктос» – парящий).

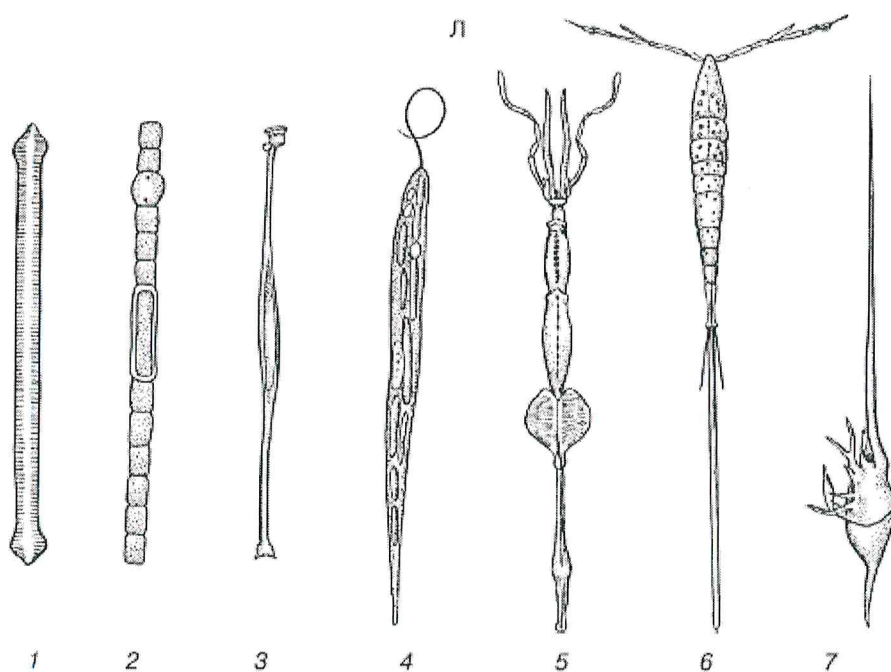


Рис. 2. Увеличение относительной поверхности тела у планктонных организмов (по С. А.Зернову, 1949):

А – палочковидные формы:

1– диатомея;

2– цианобактерия;

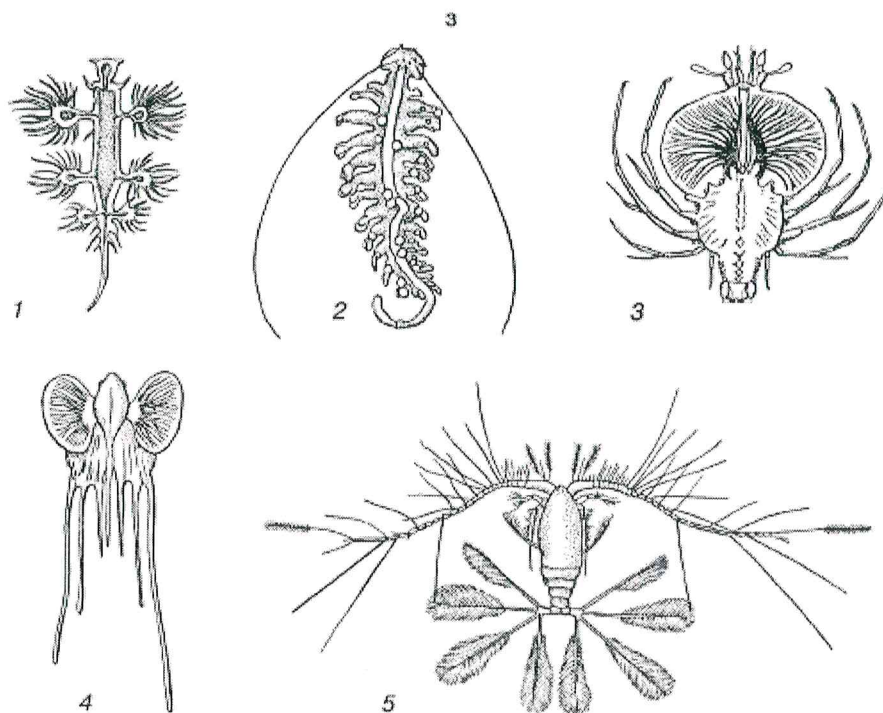
3– перидинеевая водоросль;

4– *Euglena acus*;

5– головоногий моллюск;

6– веслоногий рачок;

7– личинка



Б – расчлененные формы:

1– моллюск;

2– червь;

3– личинка рака;

4– личинка рыбы морского черта

5– веслоногий рачок

В составе планктона – одноклеточные и колониальные водоросли, простейшие, медузы, сифонофоры, гребневники, крылоногие и килевогие моллюски, разнообразные мелкие рачки, личинки донных животных, икра и мальки рыб и многие другие (рис. 2). Планктонные организмы обладают многими сходными адаптациями, повышающими их плавучесть и препятствующими оседанию на дно. К таким приспособлениям относятся: 1) общее увеличение относительной поверхности тела за счет уменьшения размеров, сплюснутости, удлинения, развития многочисленных выростов или щетинок, что увеличивает трение о воду; 2) уменьшение плотности за счет редукции скелета, накопления в теле жиров, пузырьков газа и т. п. У диатомовых водорослей запасные вещества отлагаются не в виде тяжелого крахмала, а в виде жировых капель. Ночесветка отличается таким обилием газовых вакуолей и капелек жира в клетке, что цитоплазма в ней имеет вид тяжей, сливающихся только вокруг ядра. Воздухоносные камеры есть и у сифонофор, ряда медуз, планктонных брюхоногих моллюсков и др.

Водоросли (*фитопланктон*) парят в воде пассивно, большинство же планктонных животных способно к активному плаванию, но в ограниченных пределах. Планктонные организмы не могут преодолевать течения и

переносятся ими на большие расстояния. Многие виды *зоопланктона* способны, однако, к вертикальным миграциям в толще воды на десятки и сотни метров как за счет активного передвижения, так и за счет регулирования плавучести своего тела. Особую разновидность планктона составляет экологическая группа *нейстона* («нейн» – плавать) – обитатели поверхностной пленки воды на границе с воздушной средой.

Плотность и вязкость воды сильно влияют на возможность активного плавания. Животных, способных к быстрому плаванию и преодолению силы течений, объединяют в экологическую группу *нектона* («нектос» – плавающий). Представители нектона – рыбы, кальмары, дельфины. Быстрое движение в водной толще возможно лишь при наличии обтекаемой формы тела и сильно развитой мускулатуры. Торпедовидная форма вырабатывается у всех хороших пловцов независимо от их систематической принадлежности и способа движения в воде: реактивного, за счет изгибания тела, с помощью конечностей.

Кислородный режим. В насыщенной кислородом воде содержание его не превышает 10 мл в 1 л, это в 21 раз ниже, чем в атмосфере. Поэтому условия дыхания гидробионтов значительно усложнены. Кислород поступает в воду в основном за счет фотосинтетической деятельности водорослей и диффузии из воздуха. Поэтому верхние слои водной толщи, как правило, богаче этим газом, чем нижние. С повышением температуры и солености воды концентрация в ней кислорода понижается. В слоях, сильно заселенных животными и бактериями, может создаваться резкий дефицит O_2 из-за усиленного его потребления. Например, в Мировом океане богатые жизнью глубины от 50 до 1000 м характеризуются резким ухудшением аэрации – она в 7-10 раз ниже, чем в поверхностных водах, населенных фитопланктоном. Около дна водоемов условия могут быть близки к анаэробным.

Среди водных обитателей много видов, способных переносить широкие колебания содержания кислорода в воде, вплоть до почти полного его отсутствия (*эвриоксибионты* – «окси» – кислород, «бионт» – обитатель). К ним относятся, например, пресноводные олигохеты, брюхоногие моллюски. Среди рыб очень слабое насыщение воды кислородом могут выдерживать сазан, линь, караси. Вместе с тем ряд видов *стеноксибионты* – они могут существовать лишь при достаточно высоком насыщении воды кислородом (радужная форель, кумжа, гольян, ресничная червь, личинки поденок, веснянок и др.). Многие виды способны при недостатке кислорода впадать в неактивное состояние – *анооксибиоз* – и таким образом переживать неблагоприятный период.

Дыхание гидробионтов осуществляется либо через поверхность тела, либо через специализированные органы – жабры, легкие, трахеи. При этом покровы могут служить дополнительным органом дыхания. Например, рыба вьюн через кожу потребляет в среднем до 63 % кислорода. Если через покровы тела происходит газообмен, то они очень тонки. Дыхание облегчается также увеличением поверхности. Это достигается в ходе эволюции видов образованием различных выростов, уплощением,

удлинением, общим уменьшением размеров тела. Некоторые виды при недостатке кислорода активно изменяют величину дыхательной поверхности. Черви сильно вытягивают тело в длину; гидры и актинии – щупальцы; иглокожие – амбулакральные ножки. Многие сидячие и малоподвижные животные обновляют вокруг себя воду, либо создавая ее направленный ток, либо колебательными движениями способствуя ее перемешиванию. Двустворчатым моллюскам для этой цели служат реснички, выстилающие стенки мантийной полости; ракообразным – работа брюшных или грудных ножек. Пиявки, личинки комаров-звонцов (мотыль), многие олигохеты колышут тело, высунувшись из грунта.

У некоторых видов встречается комбинирование водного и воздушного дыхания. Таковы двоякодышащие рыбы, сифонофоры дискофанты, многие легочные моллюски, ракообразные и др. Вторичноводные животные сохраняют обычно атмосферный тип дыхания как более выгодный энергетически и нуждаются поэтому в контактах с воздушной средой, например ластоногие, китообразные, водяные жуки, личинки комаров и др.

Нехватка кислорода в воде приводит иногда к катастрофическим явлениям – *заморам*, сопровождающимся гибелью множества гидробионтов. *Зимние заморы* часто вызываются образованием на поверхности водоемов льда и прекращением контакта с воздухом; *летние* – повышением температуры воды и уменьшением вследствие этого растворимости кислорода.

Частая гибель рыб и многих беспозвоночных зимой характерна, например, для нижней части бассейна реки Оби, воды которой, стекающие из заболоченных пространств Западно-Сибирской низменности, крайне бедны растворенным кислородом. Иногда заморы возникают и в морях.

Кроме недостатка кислорода, заморы могут быть вызваны повышением концентрации в воде токсичных газов – метана, сероводорода, CO_2 и др., образующихся в результате разложения органических материалов на дне водоемов.

Солевой режим. Поддержание водного баланса гидробионтов имеет свою специфику. Если для наземных животных и растений наиболее важно обеспечение организма водой в условиях ее дефицита, то для гидробионтов не менее существенно поддержание определенного количества воды в теле при ее избытке в окружающей среде. Излишнее количество воды в клетках приводит к изменению в них осмотического давления и нарушению важнейших жизненных функций.

Большинство водных обитателей *пойкилоосмотичны*: осмотическое давление в их теле зависит от солености окружающей воды. Поэтому для гидробионтов основной способ поддерживать свой солевой баланс – это избегать местообитаний с неподходящей соленостью. Пресноводные формы не могут существовать в морях, морские – не переносят опреснения. Если соленость воды подвержена изменениям, животные перемещаются в поисках благоприятной среды. Например, при опреснении поверхностных слоев моря после сильных дождей радиолярии, морские рачки и другие спускаются на

глубину до 100 м. Позвоночные животные, высшие раки, насекомые и их личинки, обитающие в воде, относятся к *гомоосмотическим* видам, сохраняя постоянное осмотическое давление в теле независимо от концентрации солей в воде.

У пресноводных видов соки тела гипертоничны по отношению к окружающей воде. Им угрожает излишнее обводнение, если не препятствовать поступлению или не удалять избыток воды из тела. У простейших это достигается работой выделительных вакуолей, у многоклеточных – удалением воды через выделительную систему. Некоторые инфузории каждые 2–2,5 мин выделяют количество воды, равное объему тела. На «откачку» избыточной воды клетка затрачивает очень много энергии. С повышением солености работа вакуолей замедляется. Так, у тугелек при солености воды 2,5‰ вакуоль пульсирует с интервалом в 9 с, при 5‰ – 18 с, при 7,5‰ – 25 с. При концентрации солей 17,5‰ вакуоль перестает работать, так как разница осмотического давления между клеткой и внешней средой исчезает.

Если вода гипертонична по отношению к жидкостям тела гидробионтов, им грозит обезвоживание в результате осмотических потерь. Защита от обезвоживания достигается повышением концентрации солей также в теле гидробионтов. Обезвоживанию препятствуют непроницаемые для воды покровы гомоосмотических организмов – млекопитающих, рыб, высших раков, водных насекомых и их личинок.

Многие пойкилоосмотические виды переходят к неактивному состоянию – анабиозу в результате дефицита воды в теле при возрастании солености. Это свойственно видам, обитающим в лужах морской воды и на литорали: коловраткам, жгутиковым, инфузориям, некоторым рачкам, черноморским полихетам и др. *Солевой анабиоз* – средство пережить неблагоприятные периоды в условиях переменной солености воды.

Истинно *эвригалинных* видов, способных в активном состоянии обитать как в пресной, так и в соленой воде, среди водных обитателей не так много. В основном это виды, населяющие эстуарии рек, лиманы и другие водоемы.

Температурный режим водоемов более устойчив, чем на суше. Это связано с физическими свойствами воды, прежде всего высокой удельной теплоемкостью, благодаря которой получение или отдача значительного количества тепла не вызывает слишком резких изменений температуры. Испарение воды с поверхности водоемов, при котором затрачивается около 2263,8 Дж/г, препятствует перегреванию нижних слоев, а образование льда, при котором выделяется теплота плавления (333,48 Дж/г), замедляет их охлаждение.

Амплитуда годовых колебаний температуры в верхних слоях океана не более 10–15 °С, в континентальных водоемах – 30–35 °С. Глубокие слои воды отличаются постоянством температуры. В экваториальных водах среднегодовая температура поверхностных слоев +(26–27) °С, в полярных – около 0 °С и ниже. В горячих наземных источниках температура воды может

приближаться к +100 °С, а в подводных гейзерах при высоком давлении на дне океана зарегистрирована температура +380 °С.

Таким образом, в водоемах существует довольно значительное разнообразие температурных условий. Между верхними слоями воды с выраженными в них сезонными колебаниями температуры и нижними, где тепловой режим постоянен, существует зона температурного скачка, или термоклина. Термоклин резче выражен в теплых морях, где сильнее перепад температуры наружных и глубинных вод.

В связи с более устойчивым температурным режимом воды среди гидробионтов в значительно большей мере, чем среди населения суши, распространена термность. Эвритермные виды встречаются в основном в мелких континентальных водоемах и на литорали морей высоких и умеренных широт, где значительны суточные и сезонные колебания температуры.

Световой режим. Света в воде гораздо меньше, чем в воздухе. Часть падающих на поверхность водоема лучей отражается в воздушную среду. Отражение тем сильнее, чем ниже положение Солнца, поэтому день под водой короче, чем на суше. Например, летний день около острова Мадейра на глубине 30 м – 5 ч, а на глубине 40 м всего 15 мин. Быстрое убывание количества света с глубиной связано с поглощением его водой. Лучи с разной длиной волны поглощаются неодинаково: красные исчезают уже недалеко от поверхности, тогда как сине-зеленые проникают значительно глубже. Сгущающиеся с глубиной сумерки в океане имеют сначала зеленый, затем голубой, синий и сине-фиолетовый цвет, сменяясь наконец постоянным мраком. Соответственно сменяют друг друга с глубиной зеленые, бурые и красные водоросли, специализированные на улавливании света с разной длиной волны.

Окраска животных меняется с глубиной так же закономерно. Наиболее ярко и разнообразно окрашены обитатели литоральной и сублиторальной зон. Многие глубинные организмы, подобно пещерным, не имеют пигментов. В сумеречной зоне широко распространена красная окраска, которая является дополнительной к сине-фиолетовому свету на этих глубинах. Дополнительные по цвету лучи наиболее полно поглощаются телом. Это позволяет животным скрываться от врагов, так как их красный цвет в сине-фиолетовых лучах зрительно воспринимается как черный. Красная окраска характерна для таких животных сумеречной зоны, как морской окунь, красный коралл, различные ракообразные и др.

У некоторых видов, обитающих у поверхности водоемов, глаза разделяются на две части с разной способностью к преломлению лучей. Одна половина глаза видит в воздухе, другая – в воде. Такая «четыреглазость» характерна для жуков-вертячек, американской рыбки, одного из тропических видов морских собачек. Эта рыбка при отливах сидит в углублениях, выставляя часть головы из воды.

Поглощение света тем сильнее, чем меньше прозрачность воды, которая зависит от количества взвешенных в ней частиц.

Прозрачность характеризуют предельной глубиной, на которой еще виден специально опускаемый белый диск диаметром около 20 см (диск Секки). Самые прозрачные воды – в Саргассовом море: диск виден до глубины 66,5 м. В Тихом океане диск Секки виден до 59 м, в Индийском – до 50, в мелких морях – до 5-15 м. Прозрачность рек в среднем 1–1,5 м, а в самых мутных реках, например в среднеазиатских Амударье и Сырдарье, всего несколько сантиметров. Граница зоны фотосинтеза поэтому сильно варьирует в разных водоемах. В самых чистых водах *эуфотическая* зона, или зона фотосинтеза, простирается до глубин не выше 200 м, сумеречная, или *дисфотическая*, зона занимает глубины до 1000–1500 м, а глубже, в *афотическую* зону, солнечный свет не проникает совсем.

Количество света в верхних слоях водоемов сильно меняется в зависимости от широты местности и от времени года. Длинные полярные ночи сильно ограничивают время, пригодное для фотосинтеза, в арктических и приантарктических бассейнах, а ледовый покров затрудняет доступ света зимой во все замерзающие водоемы.

В темных глубинах океана в качестве источника зрительной информации организмы используют свет, испускаемый живыми существами. Свечение живого организма получило название *билюминесценции*. Светящиеся виды есть почти во всех классах водных животных от простейших до рыб, а также среди бактерий, низших растений и грибов. Билюминесценция, по-видимому, многократно возникала в разных группах на разных этапах эволюции.

Химия билюминесценции сейчас довольно хорошо изучена. Реакции, используемые для генерации света, разнообразны. Но во всех случаях это окисление сложных органических соединений (*люциферин*) с помощью белковых катализаторов (*люцифераз*). Люциферины и люциферазы у разных организмов имеют неодинаковую структуру. В ходе реакции избыточная энергия возбужденной молекулы люциферина выделяется в виде квантов света. Живые организмы испускают свет импульсами, обычно в ответ на раздражения, поступающие из внешней среды.

Свечение может и не играть особой экологической роли в жизни вида, а быть побочным результатом жизнедеятельности клеток, как, например, у бактерий или низших растений. Экологическую значимость оно получает только у животных, обладающих достаточно развитой нервной системой и органами зрения. У многих видов органы свечения приобретают очень сложное строение с системой отражателей и линз, усиливающих излучение (рис. 3). Ряд рыб и головоногих моллюсков, неспособных генерировать свет, используют симбиотических бактерий, размножающихся в специальных органах этих животных.

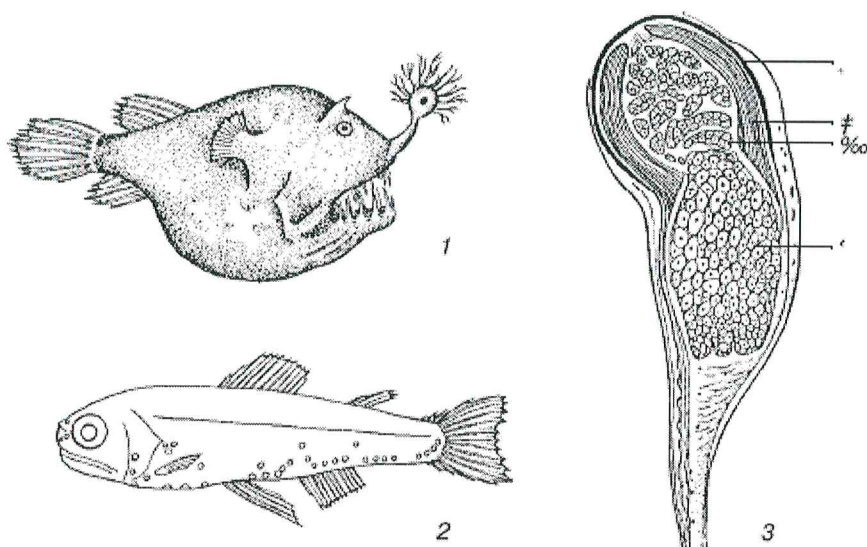


Рис. 3. Органы свечения водных животных (по С. А. Зернову, 1949):
 1– глубоководный удильщик с фонариком над зубатой пастью;
 2– распределение светящихся органов у рыбы;
 3– светящийся орган рыбы:
 а – пигмент, б – рефлектор, в – светящееся тело, г – линза

Биолюминесценция имеет в жизни животных в основном сигнальное значение. Световые сигналы могут служить для ориентации в стае, привлечения особей другого пола, подманывания жертв, для маскировки или отвлечения. Вспышка света может быть защитой от хищника, ослепляя или дезориентируя его. Например, глубоководные каракатицы, спасаясь от врага, выпускают облако светящегося секрета, тогда как виды, обитающие в освещенных водах, используют для этой цели темную жидкость. У некоторых донных червей – полихет – светящиеся органы развиваются к периоду созревания половых продуктов, причем светятся ярче самки, а глаза лучше развиты у самцов. У хищных глубоководных рыб из отряда удильщикovidных первый луч спинного плавника сдвинут к верхней челюсти и превращен в гибкое «удилище», несущее на конце червеобразную «приманку» – железу, заполненную слизью со светящимися бактериями. Регулируя приток крови к железе и, следовательно, снабжение бактерии кислородом, рыба может произвольно вызывать свечение «приманки», имитируя движения червя и подманывая добычу.

В наземной обстановке биолюминесценция развита лишь у немногих видов, сильнее всего – у жуков из семейства светлячков, которые используют световую сигнализацию для привлечения особей другого пола в сумеречное или ночное время.

Некоторые специфические приспособления гидробионтов

Способы ориентации животных в водной среде. Жизнь в постоянных сумерках или во мраке сильно ограничивает возможности *зрительной ориентации* гидробионтов. В связи с быстрым затуханием световых лучей в

воде даже обладатели хорошо развитых органов зрения ориентируются при их помощи лишь на близком расстоянии.

Звук распространяется в воде быстрее, чем в воздухе. **Ориентация на звук** развита у гидробионтов в целом лучше, чем зрительная. Ряд видов улавливает даже колебания очень низкой частоты (*инфразвуки*), возникающие при изменении ритма волн, и заблаговременно спускается перед штормом из поверхностных слоев в более глубокие (например, медузы). Многие обитатели водоемов – млекопитающие, рыбы, моллюски, ракообразные – сами издают звуки. Ракообразные осуществляют это трением друг о друга различных частей тела; рыбы – с помощью плавательного пузыря, глоточных зубов, челюстей, лучей грудных плавников и другими способами. Звуковая сигнализация служит чаще всего для внутривидовых взаимоотношений, например для ориентации в стае, привлечения особей другого пола и т. п., и особенно развита у обитателей мутных вод и больших глубин, живущих в темноте.

Ряд гидробионтов отыскивает пищу и ориентируется при помощи *эхолокации* – восприятия отраженных звуковых волн (китообразные). Многие **воспринимают отраженные электрические импульсы**, производя при плавании разряды разной частоты. Известно около 300 видов рыб, способных генерировать электричество и использовать его для ориентации и сигнализации. Пресноводная рыбка водяной слон посылает до 30 импульсов в секунду, обнаруживая беспозвоночных, которых она добывает в жидком иле без помощи зрения. Частота разрядов у некоторых морских рыб доходит до 2000 импульсов в секунду. Ряд рыб использует электрические поля также для защиты и нападения (электрический скат, электрический угорь и др.).

Для ориентации в глубине служит **восприятие гидростатического давления**. Оно осуществляется при помощи статоцистов, газовых камер и других органов.

Наиболее древний способ ориентации, свойственный всем водным животным, – **восприятие химизма среды**. Хеморецепторы многих гидробионтов обладают чрезвычайной чувствительностью. В тысячекилометровых миграциях, которые характерны для многих видов рыб, они ориентируются в основном по запахам, с поразительной точностью находя места нерестилищ или нагула. Экспериментально доказано, например, что лососи, искусственно лишенные обоняния, не находят устья своей реки, возвращаясь на нерест, но никогда не ошибаются, если могут воспринимать запахи. Тонкость обоняния чрезвычайно велика у рыб, совершающих особенно далекие миграции.

Специфика приспособлений к жизни в пересыхающих водоемах. На Земле существует много временных, неглубоких водоемов, возникающих после разлива рек, сильных дождей, таяния снега и т. п. В этих водоемах, несмотря на краткость их существования, поселяются разнообразные гидробионты.

Общими особенностями обитателей пересыхающих бассейнов являются способности давать за короткие сроки многочисленное потомство и

переносить длительные периоды без воды. Представители многих видов при этом закапываются в ил, переходя в состояние пониженной жизнедеятельности – *гиобиоза*. Так ведут себя щитни, ветвистоусые рачки, планарии, малощетинковые черви, моллюски и даже рыбы – вьюн, африканский протоптерус и южноамериканский лепидосирен из двоякодышащих. Многие мелкие виды образуют цисты, выдерживающие засуху, – таковы солнечники, инфузории, корненожки, ряд веслоногих рачков, турбеллярий, нематоды. Другие переживают неблагоприятный период в стадии высокоустойчивых яиц. Наконец, некоторым мелким обитателям пересыхающих водоемов присуща уникальная способность высыхать до состояния пленки, а при увлажнении возобновлять рост и развитие. Способность переносить полное обезвоживание организма выявлена у коловраток родов, тихоходок, нематод и др. Эти животные населяют микроводоемы в подушках мхов и лишайников и адаптированы к резким изменениям режима влажности.

Фильтрация как тип питания. Многие гидробионты обладают особым характером питания – это отцеживание или осаждение взвешенных в воде частиц органического происхождения и многочисленных мелких организмов (рис. 4).

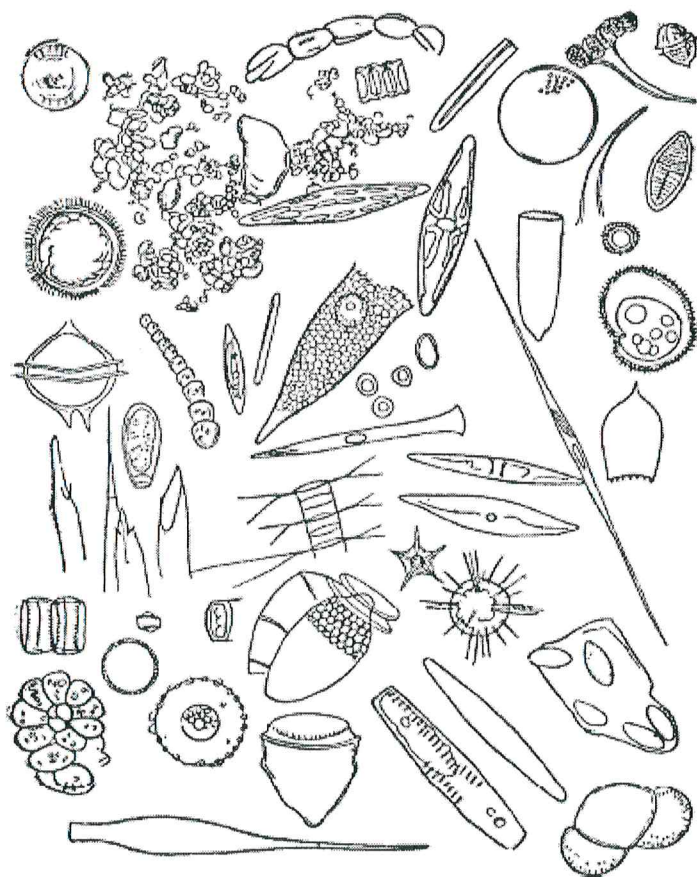


Рис. 4. Состав планктонной пищи асцидии из Баренцева моря (по С. А. Зернову, 1949)

Такой способ питания, не требующий больших затрат энергии на поиски добычи, характерен для пластинчатожаберных моллюсков, сидячих иглокожих, полихет, мшанок, асцидий, планктонных рачков и др. (рис. 5). Животные-фильтраторы выполняют важнейшую роль в биологической очистке водоемов. Мидии, обитающие на площади 1 м^2 , могут прогонять через мантийную полость $150\text{--}280 \text{ м}^3$ воды за сутки, осаждавая взвешенные частицы. Пресноводные дафнии, циклопы или самый массовый в океане рачок отфильтровывают в день до $1,5 \text{ л}$ воды на особь. Литоральная зона океана, особенно богатая скоплениями фильтрующих организмов, работает как эффективная очистительная система.

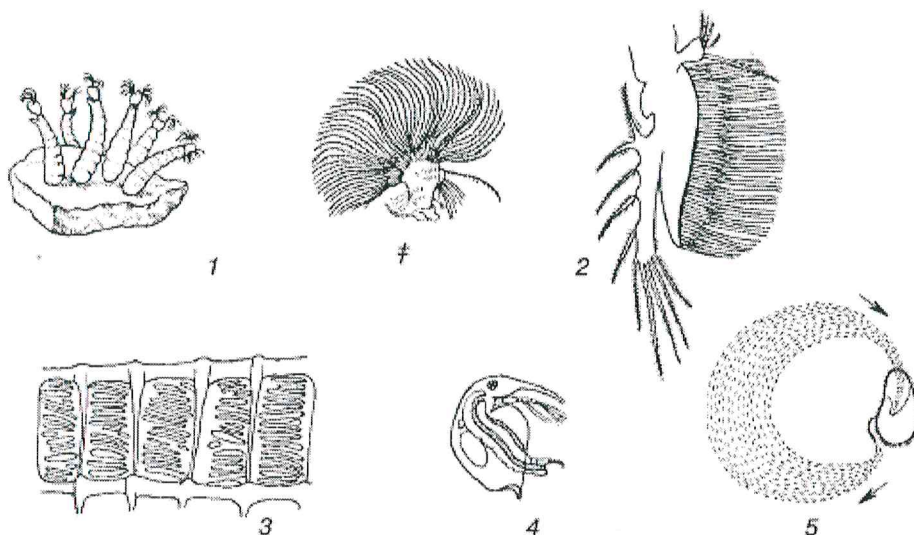


Рис. 5. Фильтровальные аппараты гидробионтов (по С. А. Зернову, 1949):

- 1— личинки мошек на камне (а) и их фильтровальные придатки (б);
- 2— фильтрующая ножка рачка;
- 3— жаберные щели асцидии;
- 4— рачок с отфильтрованным содержимым кишечника;
- 5— пищевой ток инфузории

Свойства среды во многом определяют пути адаптации ее обитателей, их образ жизни и способы использования ресурсов, создавая цепи причинно-следственных зависимостей. Так, высокая плотность воды делает возможным существование планктона, а наличие парящих в воде организмов — предпосылка для развития фильтрационного типа питания, при котором возможен и сидячий образ жизни животных. В результате формируется мощный механизм самоочистения водоемов биосферного значения. В нем участвует огромное количество гидробионтов, как бентосных, так и пелагиальных, от одноклеточных простейших до позвоночных животных. По расчетам, вся вода в озерах умеренного пояса пропускается через фильтрационные аппараты животных от нескольких до десятков раз в течение вегетационного сезона, а весь объем Мирового океана

профильтровывается в течение нескольких суток. Нарушение деятельности фильтраторов различными антропогенными воздействиями создает серьезную угрозу в поддержании чистоты вод.

Наземно-воздушная среда жизни

Наземно-воздушная среда – самая сложная по экологическим условиям. Жизнь на суше потребовала таких приспособлений, которые оказались возможными лишь при достаточно высоком уровне организации растений и животных.

Воздух как экологический фактор для наземных организмов

Низкая плотность воздуха определяет его малую подъемную силу и незначительную спорность. Обитатели воздушной среды должны обладать собственной опорной системой, поддерживающей тело: растения – разнообразными механическими тканями, животные – твердым или, значительно реже, гидростатическим скелетом. Кроме того, все обитатели воздушной среды тесно связаны с поверхностью земли, которая служит им для прикрепления и опоры. Жизнь во взвешенном состоянии в воздухе невозможна.

Правда, множество микроорганизмов и животных, споры, семена, плоды и пыльца растений регулярно присутствуют в воздухе и разносятся воздушными течениями (рис. 6), многие животные способны к активному полету, однако у всех этих видов основная функция их жизненного цикла – размножение – осуществляется на поверхности земли. Для большинства из них пребывание в воздухе связано только с расселением или поиском добычи.

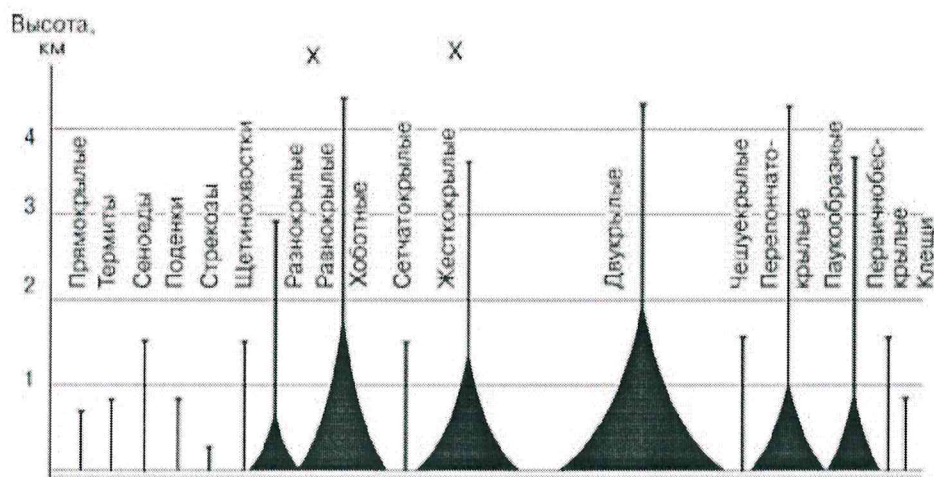


Рис. 6. Распределение членистоногих воздушного планктона по высоте (по Дажо, 1975)

Малая плотность воздуха обуславливает низкую сопротивляемость передвижению. Поэтому многие наземные животные использовали в ходе эволюции экологические выгоды этого свойства воздушной среды, приобретя способность к полету. К активному полету способны 75 % видов

всех наземных животных, преимущественно насекомые и птицы, но встречаются летуны и среди млекопитающих и рептилий. Летают наземные животные в основном с помощью мускульных усилий, но некоторые могут и планировать за счет воздушных течений.

Благодаря подвижности воздуха, существующим в нижних слоях атмосферы вертикальным и горизонтальным передвижениям воздушных масс возможен пассивный полет ряда организмов.

Анемофилия – древнейший способ опыления растений. Ветром опыляются все голосеменные, а среди покрытосеменных анемофильные растения составляют примерно 10 % всех видов.

Анемофилия наблюдается в семействах буковых, березовых, ореховых, вязовых, коноплевых, крапивных, казуариновых, маревых, осоковых, злаков, пальм и во многих других. Ветроопыляемые растения имеют целый ряд приспособлений, улучшающих аэродинамические свойства их пыльцы, а также морфологические и биологические особенности, обеспечивающие эффективность опыления.

Жизнь многих растений полностью зависит от ветра, и расселение совершается с его помощью. Такая двойная зависимость наблюдается у елей, сосен, тополей, берез, вязов, ясеней, пушиц, рогозов, саксаулов, джугунов и др.

У многих видов развита *анемохория* – расселение с помощью воздушных потоков. Анемохория характерна для спор, семян и плодов растений, цист простейших, мелких насекомых, пауков и т. п. Пассивно переносимые потоками воздуха организмы получили в совокупности название *аэропланктона* по аналогии с планктонными обитателями водной среды. Специальные адаптации для пассивного полета – очень мелкие размеры тела, увеличение его площади за счет выростов, сильного расчленения, большой относительной поверхности крыльев, использование паутины и т. п. (рис. 7). Анемохорные семена и плоды растений обладают также либо очень мелкими размерами (например, семена орхидей), либо разнообразными крыловидными и парашютовидными придатками, увеличивающими их способность к планированию (рис. 8).

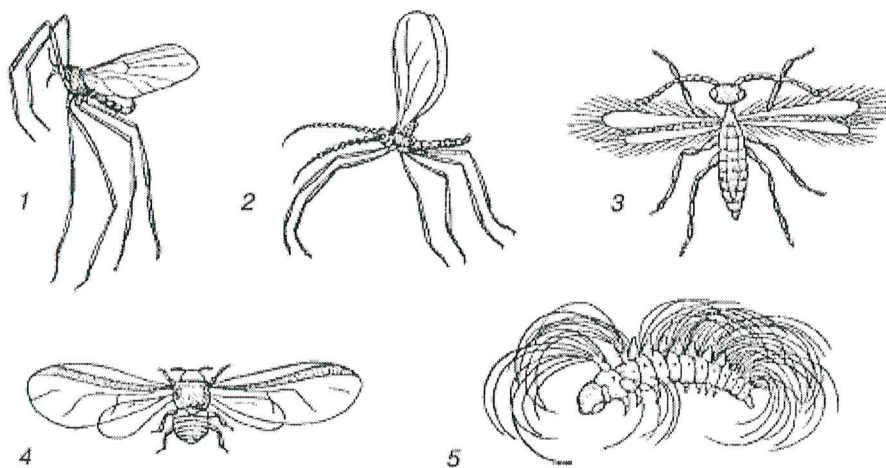


Рис. 7. Приспособления к переносу воздушными потоками у насекомых:

- 1– комарик;
- 2– галлица;
- 3– перепончатокрылое;
- 4– хермес;
- 5– личинка непарного шелкопряда

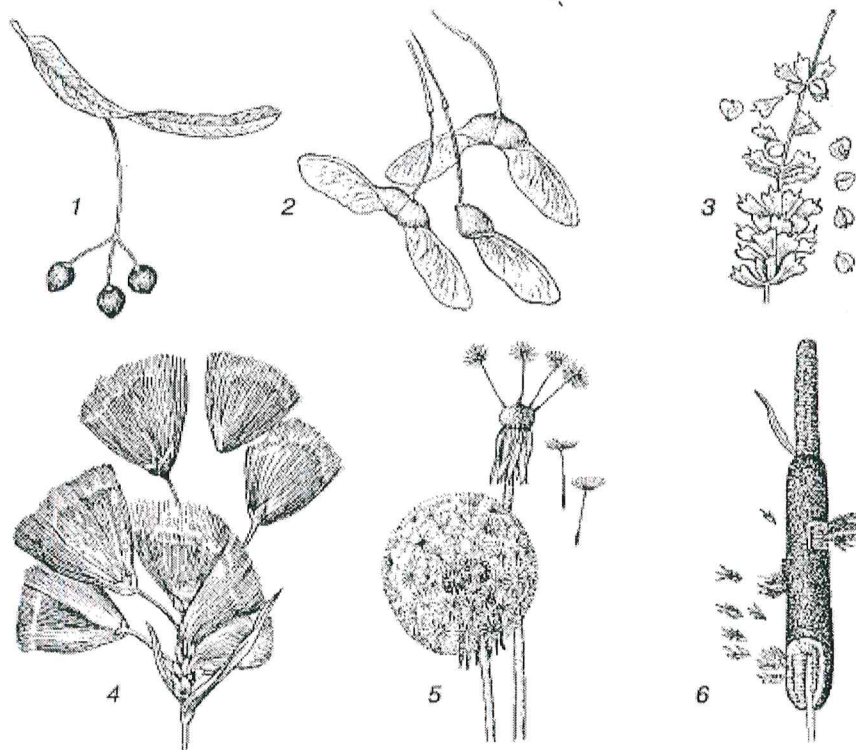


Рис. 8. Приспособления к переносу ветром у плодов и семян растений:

- 1– липа;
- 2– клен;
- 3– береза;
- 4– пушица;
- 5– одуванчик;
- 6– рогоз

В расселении микроорганизмов, животных и растений основную роль играют вертикальные конвекционные потоки воздуха и слабые ветры. Сильные ветры, бури и ураганы также оказывают существенное экологическое воздействие на наземные организмы.

Малая плотность воздуха обуславливает сравнительно низкое давление на суше. В норме оно равно 760 мм рт. ст. С увеличением высоты над уровнем моря давление уменьшается. На высоте 5800 м оно равняется лишь половине нормального. Низкое давление может ограничивать распространение видов в горах. Для большинства позвоночных верхняя граница жизни около 6000 м. Снижение давления влечет за собой уменьшение обеспеченности кислородом и обезвоживание животных за счет

увеличения частоты дыхания. Примерно таковы же пределы продвижения в горы высших растений. Несколько более выносливы членистоногие (ногохвостки, клещи, пауки), которые могут встречаться на ледниках, выше границы растительности.

В целом все наземные организмы гораздо более стенобатны, чем водные, так как обычные колебания давления в окружающей их среде составляют доли атмосферы и даже для поднимающихся на большую высоту птиц не превышают $\frac{1}{3}$ нормального.

Газовый состав воздуха. Кроме физических свойств воздушной среды, для существования наземных организмов чрезвычайно важны ее химические особенности. Газовый состав воздуха в приземном слое атмосферы довольно однороден в отношении содержания главных компонентов (азот – 78,1 %, кислород – 21,0, аргон – 0,9, углекислый газ – 0,035 % по объему) благодаря высокой диффузионной способности газов и постоянному перемешиванию конвекционными и ветровыми потоками. Однако различные примеси газообразных, капельно-жидких и твердых (пылевых) частиц, попадающих в атмосферу из локальных источников, могут иметь существенное экологическое значение.

Высокое содержание кислорода способствовало повышению обмена веществ у наземных организмов по сравнению с первично-водными. Именно в наземной обстановке, на базе высокой эффективности окислительных процессов в организме, возникла гомойотермия животных. Кислород, из-за постоянно высокого его содержания в воздухе, не является фактором, лимитирующим жизнь в наземной среде. Лишь местами, в специфических условиях, создается временный его дефицит, например в скоплениях разлагающихся растительных остатков, запасах зерна, муки и т. п.

Содержание углекислого газа может изменяться в отдельных участках приземного слоя воздуха в довольно значительных пределах. Например, при отсутствии ветра в центре больших городов концентрация его возрастает в десятки раз. Закономерны суточные изменения содержания углекислоты в приземных слоях, связанные с ритмом фотосинтеза растений. Сезонные обусловлены изменениями интенсивности дыхания живых организмов, преимущественно микроскопического населения почв. Повышенное насыщение воздуха углекислым газом возникает в зонах вулканической активности, возле термальных источников и других подземных выходов этого газа. В высоких концентрациях углекислый газ токсичен. В природе такие концентрации встречаются редко.

В природе основным источником углекислоты является так называемое почвенное дыхание. Почвенные микроорганизмы и животные дышат очень интенсивно. Углекислый газ диффундирует из почвы в атмосферу, особенно энергично во время дождя. Много его выделяют почвы умеренно влажные, хорошо прогреваемые, богатые органическими остатками. Например, почва букового леса выделяет CO_2 от 15 до 22 кг/га в час, а неудобренная песчаная всего 2 кг/га.

В современных условиях мощным источником поступления дополнительных количеств CO_2 в атмосферу стала деятельность человека по сжиганию ископаемых запасов топлива.

Низкое содержание углекислого газа тормозит процесс фотосинтеза. В условиях закрытого грунта можно повысить скорость фотосинтеза, увеличив концентрацию углекислого газа; этим пользуются в практике тепличного и оранжерейного хозяйства. Однако излишние количества CO_2 приводят к отравлению растений.

Азот воздуха для большинства обитателей наземной среды представляет инертный газ, но ряд прокариотических организмов (клубеньковые бактерии, азотобактер, клостридии, сине-зеленые водоросли и др.) обладает способностью связывать его и вовлекать в биологический круговорот.



Рис. 9. Склон горы с уничтоженной растительностью из-за выбросов сернистого газа окрестными промышленными предприятиями

Местные примеси, поступающие в воздух, также могут существенно влиять на живые организмы. Это особенно относится к ядовитым газообразным веществам – метану, оксиду серы, оксиду углерода, оксиду азота, сероводороду, соединениям хлора, а также к частицам пыли, сажи и т. п., засоряющим воздух в промышленных районах. Основным современным источником химического и физического загрязнения атмосферы антропогенный: работа различных промышленных предприятий и транспорта, эрозия почв и т. п. Оксид серы (SO_2), например, ядовит для растений даже в концентрациях от одной пятидесятитысячной до одной миллионной от объема воздуха. Вокруг промышленных центров,

загрязняющих атмосферу этим газом, погибает почти вся растительность (рис. 9). Некоторые виды растений особо чувствительны к SO_2 и служат чутким индикатором его накопления в воздухе. Например, многие лишайники погибают даже при следах оксида серы в окружающей атмосфере. Присутствие их в лесах вокруг крупных городов свидетельствует о высокой чистоте воздуха. Устойчивость растений к примесям в воздушной среде учитывают при подборе видов для озеленения населенных пунктов. Чувствительны к задымлению, например, обыкновенная ель и сосна, клен, липа, береза. Наиболее устойчивы туя, тополь канадский, клен американский, бузина и некоторые другие.

Почва и рельеф. Погодные и климатические особенности наземно-воздушной среды

Эдафические факторы среды. Свойства грунта и рельеф местности также влияют на условия жизни наземных организмов, в первую очередь растений. Свойства земной поверхности, оказывающие экологическое воздействие на ее обитателей, объединяют названием *эдафические факторы среды* (от греч. «эдафос» – основание, почва).

Характер корневой системы растений зависит от гидротермического режима, аэрации, сложения, состава и структуры почвы. Например, корневые системы древесных пород (березы, лиственницы) в районах с многолетней мерзлотой располагаются на небольшой глубине и распростерты вширь. Там, где нет многолетней мерзлоты, корневые системы этих же растений менее распростерты и проникают вглубь. У многих степных растений корни могут доставать воду с большой глубины, в то же время у них много и поверхностных корней в гумусированном горизонте почвы, откуда растения поглощают элементы минерального питания. На переувлажненной, плохо аэрированной почве в мангровых зарослях многие виды имеют специальные дыхательные корни – пневматофоры.

Можно выделить целый ряд экологических групп растений по отношению к разным свойствам почв.

Так, по реакции на кислотность почвы различают: 1) *ацидофильные* виды – растут на кислых почвах с рН менее 6,7 (растения сфагновых болот, белоус); 2) *нейтрофильные* – тяготеют к почвам с рН 6,7–7,0 (большинство культурных растений); 3) *базифильные* – растут при рН более 7,0 (мордовник, лесная ветреница); 4) *индифферентные* – могут произрастать на почвах с разным значением рН (ландыш, овсяница овечья).

По отношению к валовому составу почвы различают: 1) *олиготрофные* растения, довольствующиеся малым количеством зольных элементов (сосна обыкновенная); 2) *эвтрофные*, нуждающиеся в большом количестве зольных элементов (дуб, сныть обыкновенная, пролесник многолетний); 3) *мезотрофные*, требующие умеренного количества зольных элементов (ель обыкновенная).

Нитрофилы – растения, предпочитающие почвы, богатые азотом (крапива двудомная).

Растения засоленных почв составляют группу *галофитов* (солерос, сарсазан, кокпек).

Некоторые виды растений приурочены к разным субстратам: *петрофиты* растут на каменистых почвах, а *псаммофиты* заселяют сыпучие пески.

Рельеф местности и характер грунта влияют на специфику передвижения животных. Например, копытные, страусы, дрофы, живущие на открытых пространствах, нуждаются в твердом грунте для усиления отталкивания при быстром беге. У ящериц, обитающих на сыпучих песках, пальцы окаймлены бахромкой из роговых чешуй, которая увеличивает поверхность опоры (рис. 10). Для наземных обитателей, роющих норы, плотные грунты неблагоприятны. Характер почвы в ряде случаев влияет на распределение наземных животных, роющих норы, зарывающихся в грунт для спасения от жары или хищников либо откладывающих в почву яйца и т. д.

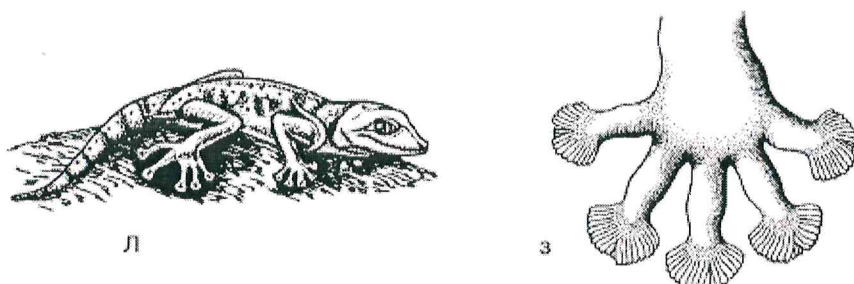


Рис. 10. Вееропалыйгеккон – обитатель песков Сахары: А – вееропалыйгеккон; Б – нога геккона

Погодные особенности. Условия жизни в наземно-воздушной среде осложняются, кроме того, *погодными изменениями*. **Погода**– это непрерывно меняющееся состояние атмосферы у земной поверхности до высоты примерно 20 км (граница тропосферы). Изменчивость погоды проявляется в постоянном варьировании сочетания таких факторов среды, как температура и влажность воздуха, облачность, осадки, сила и направление ветра и т. п. Для погодных изменений наряду с закономерным чередованием их в годовом цикле характерны непериодические колебания, что существенно усложняет условия существования наземных организмов. На жизнь водных обитателей погода влияет в значительно меньшей степени и лишь на население поверхностных слоев.

Климат местности. Многолетний режим погоды характеризует **климат местности**. В понятие климата входят не только средние значения метеорологических явлений, но также их годовой и суточный ход, отклонения от него и их повторяемость. Климат определяется географическими условиями района.

Зональное разнообразие климатов осложняется действием муссонных ветров, распределением циклонов и антициклонов, влиянием горных

массивов на движение воздушных масс, степенью удаления от океана (континентальность) и многими другими местными факторами. В горах наблюдается климатическая поясность, во многом аналогичная смене зон от низких широт к высоким. Все это создает чрезвычайное разнообразие условий жизни на суше.

Для большинства наземных организмов, особенно мелких, важен не столько климат района, сколько условия их непосредственного местообитания. Очень часто местные элементы среды (рельеф, экспозиция, растительность и т. п.) так изменяют в конкретном участке режим температуры, влажности, света, движения воздуха, что он значительно отличается от климатических условий местности. Такие локальные модификации климата, складывающиеся в приземном слое воздуха, называют **микроклиматом**. В каждой зоне микроклиматы очень разнообразны. Можно выделить микроклиматы сколь угодно малых участков. Например, особый режим создается в венчиках цветков, что используют обитающие там насекомые. Широко известны различия температуры, влажности воздуха и силы ветра на открытом пространстве и в лесу, в травостое и над оголенными участками почвы, на склонах северной и южной экспозиций и т. п. Особый устойчивый микроклимат возникает в норах, гнездах, дуплах, пещерах и других закрытых местах.

Осадки. Помимо водообеспечения и создания запасов влаги, они могут играть и другую экологическую роль. Так, сильные ливневые дожди или град оказывают иногда механическое воздействие на растения или животных.

Особенно многообразна экологическая роль снегового покрова. Суточные колебания температур проникают в толщу снега лишь до 25 см, глубже температура почти не изменяется. При морозах в $-20-30^{\circ}\text{C}$ под слоем снега в 30–40 см температура лишь ненамного ниже нуля. Глубокий снежный покров защищает почки возобновления, предохраняет от вымерзания зеленые части растений; многие виды уходят под снег, не сбрасывая листья, например ожика волосистая, вероника лекарственная, копытень и др.

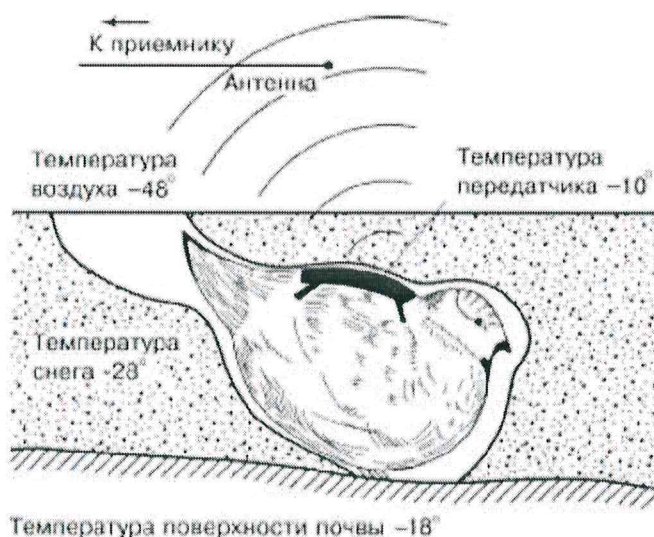


Рис. 11. Схема телеметрического изучения температурного режима рябчика, находящегося в подснежной лунке (по А. В. Андрееву, А. В. Кречмару, 1976)

Мелкие наземные зверьки ведут и зимой активный образ жизни, прокладывая под снегом и в его толще целые галереи ходов. Для ряда видов, питающихся подснежной растительностью, характерно даже зимнее размножение, которое отмечено, например, у леммингов, лесной и желтогорлой мыши, ряда полевок, водяной крысы и др. Тетеревиные птицы – рябчики, тетерева, тундряные куропатки – зарываются в снег на ночевку (рис. 11).

Крупным животным зимний снеговой покров мешает добывать корм. Многие копытные (северные олени, кабаны, овцебыки) питаются зимой исключительно подснежной растительностью, и глубокий снежный покров, а особенно твердая корка на его поверхности, возникающая в гололед, обрекают их на бескормицу. При кочевом скотоводстве в дореволюционной России огромным бедствием в южных районах был *джут* – массовый падеж скота в результате гололедицы, лишавшей животных корма. Передвижение по рыхлому глубокому снегу также затруднено для животных. Лисы, например, в снежные зимы предпочитают в лесу участки под густыми елями, где тоньше слой снега, и почти не выходят на открытые поляны и опушки. Глубина снежного покрова может ограничивать географическое распространение видов. Например, настоящие олени не проникают на север в те районы, где толща снега зимой более 40–50 см.

Белизна снежного покрова демаскирует темных животных. В возникновении сезонной смены окраски у белой и тундряной куропаток, зайца-беляка, горностая, ласки, песца, по-видимому, большую роль сыграл отбор на маскировку под цвет фона. На Командорских островах наряду с белыми много голубых песцов. По наблюдениям зоологов, последние держатся преимущественно вблизи темных скал и незамерзающей прибойной полосы, а белые предпочитают участки со снежным покровом.

Почва как среда обитания

Особенности почвы

Почва представляет собой рыхлый тонкий поверхностный слой суши, контактирующий с воздушной средой. Несмотря на незначительную толщину, эта оболочка Земли играет важнейшую роль в распространении жизни. Почва представляет собой не просто твердое тело, как большинство пород литосферы, а сложную трехфазную систему, в которой твердые частицы окружены воздухом и водой. Она пронизана полостями, заполненными смесью газов и водными растворами, и поэтому в ней складываются чрезвычайно разнообразные условия, благоприятные для жизни множества микро- и макроорганизмов (рис. 12). В почве сглажены температурные колебания по сравнению с приземным слоем воздуха, а наличие грунтовых вод и проникновение осадков создают запасы влаги и

обеспечивают режим влажности, промежуточный между водной и наземной средой. В почве концентрируются запасы органических и минеральных веществ, поставляемых отмирающей растительностью и трупами животных. Все это определяет большую насыщенность почвы жизнью.

В почве сосредоточены корневые системы наземных растений (рис. 13).

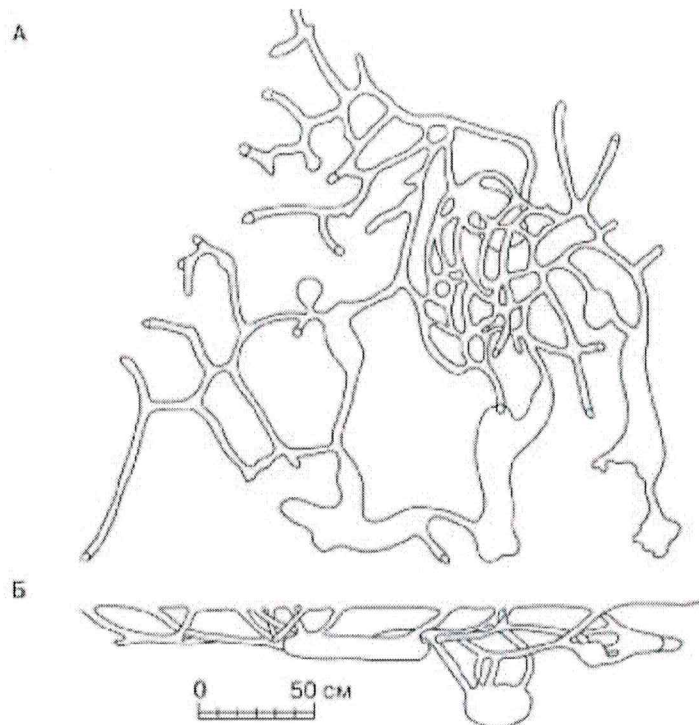


Рис. 12. Подземные ходы полевки Брандта: А – вид сверху; Б – вид сбоку

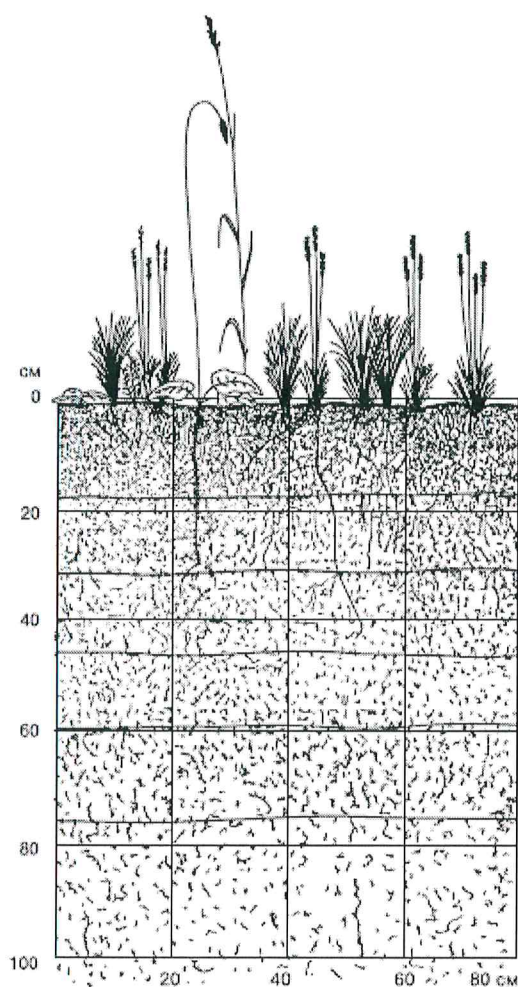


Рис. 13. Размещение корней в степной черноземной почве (по М. С. Шалыту, 1950)

В среднем на 1 м^2 почвенного слоя приходится более 100 млрд клеток простейших, миллионы коловраток и тихоходок, десятки миллионов нематод, десятки и сотни тысяч клещей и коллембол, тысячи других членистоногих, десятки тысяч энхитреид, десятки и сотни дождевых червей, моллюсков и прочих беспозвоночных. Кроме того, 1 см^2 почвы содержит десятки и сотни миллионов бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов и других микроорганизмов. В освещенных поверхностных слоях в каждом грамме обитают сотни тысяч фотосинтезирующих клеток зеленых, желто-зеленых, диатомовых и сине-зеленых водорослей. Живые организмы столь же характерны для почвы, как и ее неживые компоненты. Поэтому В. И. Вернадский отнес почву к биокосным телам природы, подчеркивая насыщенность ее жизнью и неразрывную связь с ней.

Неоднородность условий в почве резче всего проявляется в вертикальном направлении. С глубиной резко меняется ряд важнейших экологических факторов, влияющих на жизнь обитателей почвы. Прежде всего это относится к структуре почвы. В ней выделяют три основных

горизонта, различающихся по морфологическим и химическим свойствам: 1) верхний перегнойно-аккумулятивный горизонт А, в котором накапливается и преобразуется органическое вещество и из которого промывными водами часть соединений выносится вниз; 2) горизонт вымывания, или иллювиальный В, где оседают и преобразуются вымытые сверху вещества, и 3) материнскую породу, или горизонт С, материал которой преобразуется в почву.

В пределах каждого горизонта выделяются более дробные слои, также сильно различающиеся по свойствам. Например, в зоне умеренного климата под хвойными или смешанными лесами горизонт А состоит из подстилки (A_0) – слоя рыхлого скопления растительных остатков, темноокрашенного гумусового слоя (A_1), в котором частицы органического происхождения перемешаны с минеральными, и подзолистого слоя (A_2) – пепельно-серого по цвету, в котором преобладают соединения кремния, а все растворимые вещества вымыты в глубину почвенного профиля. Как структура, так и химизм этих слоев очень различны, и поэтому корни растений и обитатели почвы, перемещаясь всего на несколько сантиметров вверх или вниз, попадают в другие условия.

Размеры полостей между частицами почвы, пригодных для обитания в них животных, обычно быстро уменьшаются с глубиной. Например, в луговых почвах средний диаметр полостей на глубине 0–1 см составляет 3 мм, 1–2 см – 2 мм, а на глубине 2–3 см – всего 1 мм; глубже почвенные поры еще мельче. Плотность почвы также изменяется с глубиной. Наиболее рыхлы слои, содержащие органическое вещество. Порозность этих слоев определяется тем, что органические вещества склеивают минеральные частицы в более крупные агрегаты, объем полостей между которыми увеличивается. Наиболее плотен обычно иллювиальный горизонт В, сцементированный вымытыми в него коллоидными частицами.

Влага в почве присутствует в различных состояниях: 1) связанная (гигроскопическая и пленочная) прочно удерживается поверхностью почвенных частиц; 2) капиллярная занимает мелкие поры и может передвигаться по ним в различных направлениях; 3) гравитационная заполняет более крупные пустоты и медленно просачивается вниз под влиянием силы тяжести; 4) парообразная содержится в почвенном воздухе.

Содержание воды неодинаково в разных почвах и в разное время. Если слишком много гравитационной влаги, то режим почвы близок к режиму водоемов. В сухой почве остается только связанная вода и условия приближаются к наземным. Однако даже в наиболее сухих почвах воздух влажнее наземного, поэтому обитатели почвы значительно менее подвержены угрозе высыхания, чем на поверхности.

Состав почвенного воздуха изменчив. С глубиной в нем сильно падает содержание кислорода и возрастает концентрация углекислого газа. В связи с присутствием в почве разлагающихся органических веществ в почвенном воздухе может быть высокая концентрация таких токсичных газов, как аммиак, сероводород, метан и др. При затоплении почвы или интенсивном

гниению растительных остатков местами могут возникать полностью анаэробные условия.

Колебания температуры резки только на поверхности почвы. Здесь они могут быть даже сильнее, чем в приземном слое воздуха. Однако с каждым сантиметром вглубь суточные и сезонные температурные изменения становятся все меньше и на глубине 1–1,5 м практически уже не прослеживаются (рис. 14).

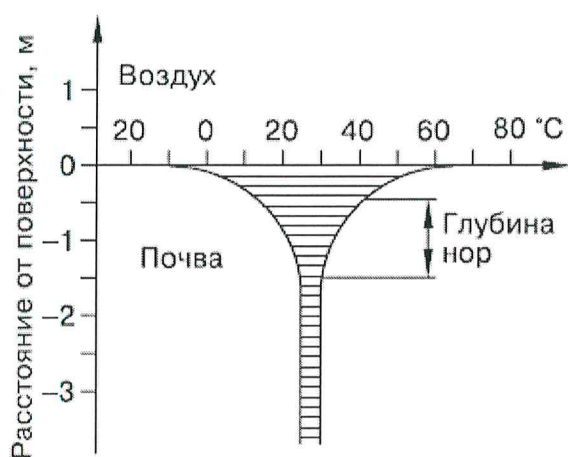


Рис. 14. Уменьшение годовых колебаний температуры почвы с глубиной (по К. Шмидт-Нильсону, 1972). Заштрихованная часть — размах годовых колебаний температуры

Все эти особенности приводят к тому, что, несмотря на большую неоднородность экологических условий в почве, она выступает как достаточно стабильная среда, особенно для подвижных организмов. Крутой градиент температур и влажности в почвенном профиле позволяет почвенным животным путем незначительных перемещений обеспечить себе подходящую экологическую обстановку.

Обитатели почвы

Неоднородность почвы приводит к тому, что для организмов разных размеров она выступает как разная среда. Для микроорганизмов особое значение имеет огромная суммарная поверхность почвенных частиц, так как на них адсорбируется подавляющая часть микробного населения. Сложность почвенной среды создает большое разнообразие условий для самых разных функциональных групп: аэробов и анаэробов, потребителей органических и минеральных соединений. Для распределения микроорганизмов в почве характерна мелкая очаговость, поскольку даже на протяжении нескольких миллиметров могут сменяться разные экологические зоны.

Для мелких почвенных животных (рис. 15, 16), которых объединяют под названием **микрофауна** (простейшие, коловратки, тихоходки, нематоды и др.), почва — это система микроводоемов. По существу, это водные организмы. Они живут в почвенных порах, заполненных гравитационной или капиллярной водой, а часть жизни могут, как и микроорганизмы, находиться

в адсорбированном состоянии на поверхности частиц в тонких прослойках пленочной влаги. Многие из этих видов обитают и в обычных водоемах. Однако почвенные формы намного мельче пресноводных и, кроме того, отличаются способностью долго находиться в инцистированном состоянии, переживая неблагоприятные периоды. В то время как пресноводные амебы имеют размеры 50-100 мкм, почвенные – всего 10–15. Особенно мелки представители жгутиковых, нередко всего 2–5 мкм. Почвенные инфузории также имеют карликовые размеры и к тому же могут сильно менять форму тела.

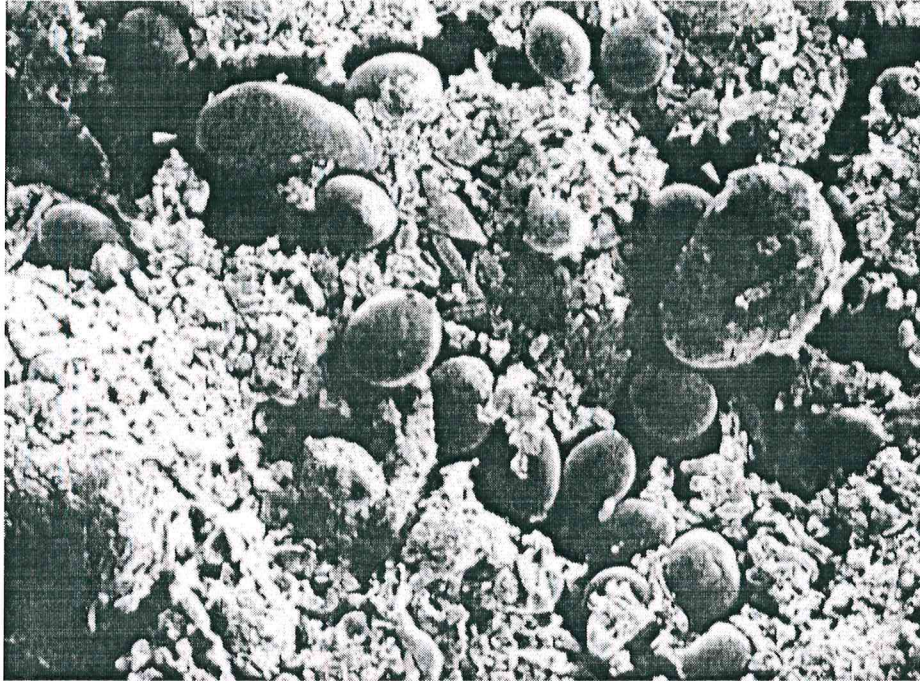


Рис. 15. Раковинные амебы, питающиеся бактериями на разлагающихся листьях лесной подстилки

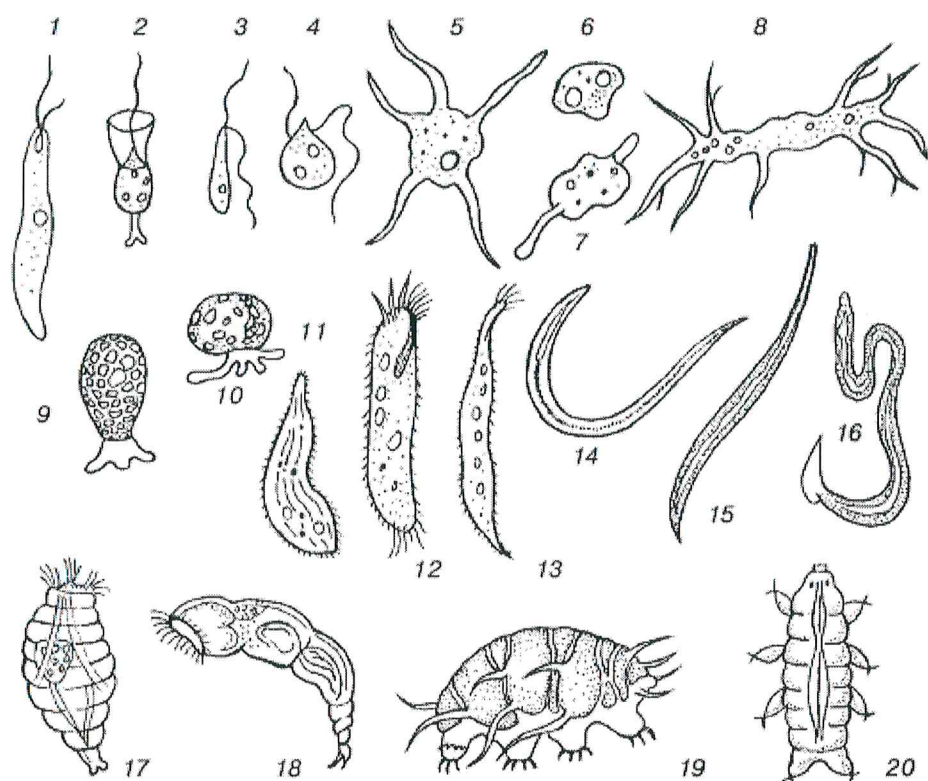


Рис. 16. Микрофауна почвы (по W.Dunger, 1974):

1–4 – жгутиковые; 5–8 – голые амебы; 9–10 – раковинные амебы; 11–13 – инфузории; 14–16 – круглые черви; 17–18 – коловратки; 19–20 – тихоходки

Для дышащих воздухом несколько более крупных животных почва предстает как система мелких пещер. Таких животных объединяют под названием **мезофауна** (рис. 17). Размеры представителей мезофауны почв – от десятых долей до 2–3 мм. К этой группе относятся в основном членистоногие: многочисленные группы клещей, первичнообескрылые насекомые (коллемболы, протуры, двухвостки), мелкие виды крылатых насекомых, многоножки симфилы и др. У них нет специальных приспособлений к рытью. Они ползают по стенкам почвенных полостей при помощи конечностей или червеобразно извиваясь. Насыщенный водяными парами почвенный воздух позволяет дышать через покровы. Многие виды не имеют трахейной системы. Такие животные очень чувствительны к высыханию. Основным средством спасения от колебания влажности воздуха для них является передвижение вглубь. Но возможность миграции по почвенным полостям вглубь ограничивается быстрым уменьшением диаметра пор, поэтому передвижения по скважинам почвы доступны только самым мелким видам. Более крупные представители мезофауны обладают некоторыми приспособлениями, позволяющими переносить временное снижение влажности почвенного воздуха: защитными чешуйками на теле, частичной непроницаемостью покровов, сплошным толстостенным панцирем

с эпикутикулой в сочетании с примитивной трахейной системой, обеспечивающей дыхание.

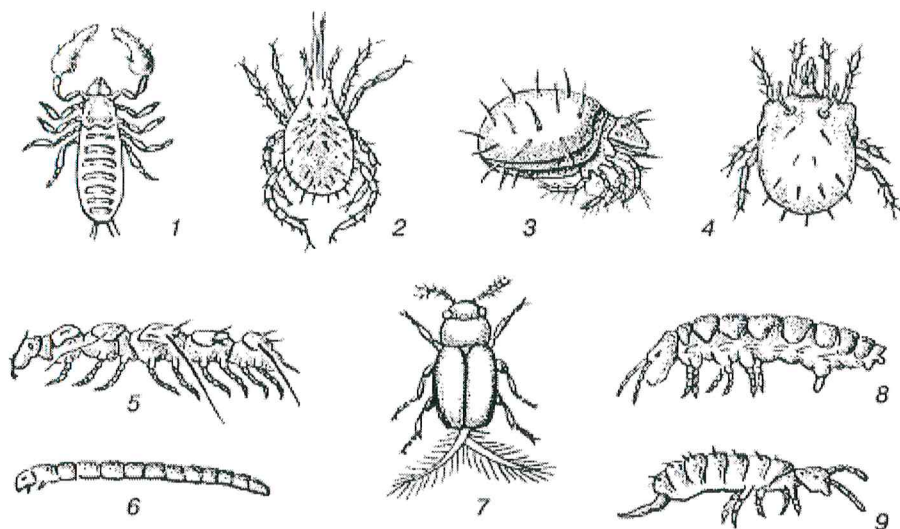


Рис. 17. Мезофауна почв (по W. Danger, 1974):

1 – лжескорпион; 2 – гама новый клещ; 3–4 панцирные клещи; 5 – многоножка пауроиода; 6 – личинка комара-хирономиды; 7 – жук; 8–9 коллемболы

Периоды затопления почвы водой представители мезофауны переживают в пузырьках воздуха. Воздух задерживается вокруг тела животных благодаря их несмачивающимся покровам, снабженным к тому же волосками, чешуйками и т. п. Пузырек воздуха служит для мелкого животного своеобразной «физической жаброй». Дыхание осуществляется за счет кислорода, диффундирующего в воздушную прослойку из окружающей воды.

Представители микро– и мезофауны способны переносить зимнее промерзание почвы, так как большинство видов не может уходить вниз из слоев, подвергающихся воздействию отрицательных температур.

Более крупных почвенных животных, с размерами тела от 2 до 20 мм, называют представителями **макрофауны** (рис. 18). Это личинки насекомых, многоножки, энхитреиды, дождевые черви и др. Для них почва – плотная среда, оказывающая значительное механическое сопротивление при движении. Эти относительно крупные формы передвигаются в почве либо расширяя естественные скважины путем раздвигания почвенных частиц, либо роя новые ходы. Оба способа передвижения накладывают отпечаток на внешнее строение животных.

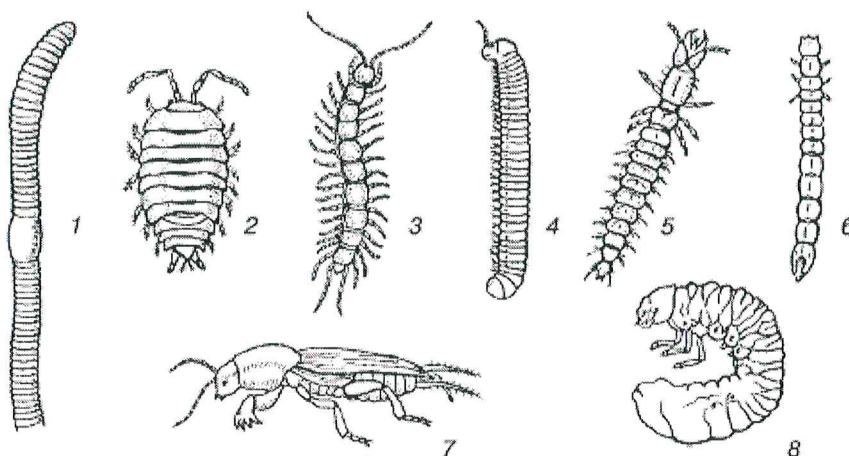


Рис. 18. Макрофауна почв (по W.Danger, 1974):

1 – дождевой червь; 2 – мокрица; 3 – губоногая многоножка; 4 – двупарноногая многоножка; 5 – личинка жулици; 6 – личинка шелкуна; 7 – медведка; 8 – личинка хруща

Возможность двигаться по тонким скважинам, почти не прибегая к рытью, присуща только видам, которые имеют тело с малым поперечным сечением, способное сильно изгибаться в извилистых ходах (многоножки – костьянки и геофилы). Раздвигая частицы почвы за счет давления стенок тела, передвигаются дождевые черви, личинки комаров-долгоножек и др. Зафиксировав задний конец, они утончают и удлиняют передний, проникая в узкие почвенные щели, затем закрепляют переднюю часть тела и увеличивают его диаметр. При этом в расширенном участке за счет работы мышц создается сильное гидравлическое давление несжимающейся внутрителостной жидкости: у червей – содержимого целомических мешочков, а у типулид – гемолимфы. Давление передается через стенки тела на почву, и таким образом животное расширяет скважину. При этом сзади остается открытый ход, что грозит увеличением испарения и преследованием хищников. У многих видов развиты приспособления к экологически более выгодному типу передвижения в почве – рытью с закупориванием за собой хода. Рытье осуществляется разрыхлением и отгребанием почвенных частиц. Личинки разных насекомых используют для этого передний конец головы, мандибулы и передние конечности, расширенные и укрепленные толстым слоем хитина, шипами и выростами. На заднем конце тела развиваются приспособления для прочной фиксации – выдвигающиеся подпорки, зубцы, крючья. Для закрывания хода на последних сегментах у ряда видов имеется специальная вдавленная площадка, обрамленная хитиновыми бортиками или зубцами, своего рода тачка. Подобные площадки образуются на задней части надкрылий и у жуков-короедов, которые тоже используют их для закупоривания ходов буровой мукой. Закрывая за собой ход, животные – обитатели почвы постоянно находятся в замкнутой камере, насыщенной испарениями собственного тела.

Газообмен большинства видов этой экологической группы осуществляется при помощи специализированных органов дыхания, но наряду с этим дополняется газообменом через покровы. Возможно даже исключительно кожное дыхание, например у дождевых червей, энхитреид.

Роющие животные могут уходить из слоев, где возникает неблагоприятная обстановка. В засуху и к зиме они концентрируются в более глубоких слоях, обычно в нескольких десятках сантиметров от поверхности.

Мегафауна почв – это крупные землерои, в основном из числа млекопитающих. Ряд видов проводит в почве всю жизнь (слепыши, слепушонки, цокоры, кроты Евразии, златокроты Африки, сумчатые кроты Австралии и др.). Они прокладывают в почве целые системы ходов и нор. Внешний облик и анатомические особенности этих животных отражают их приспособленность к роющему подземному образу жизни. У них недоразвиты глаза, компактное, вальковатое тело с короткой шеей, короткий густой мех, сильные копательные конечности с крепкими когтями. Слепыши и слепушонки разрыхляют землю резцами. К мегафауне почвы следует отнести и крупных олигохет, обитающих в тропиках и Южном полушарии. Самый крупный из них, австралийский, достигает в длину 2,5 и даже 3 м.

Кроме постоянных обитателей почвы, среди крупных животных можно выделить большую экологическую группу **обитателей нор** (суслики, сурки, тушканчики, кролики, барсуки и т. п.). Они кормятся на поверхности, но размножаются, зимуют, отдыхают, спасаются от опасности в почве. Целый ряд других животных использует их норы, находя в них благоприятный микроклимат и укрытие от врагов. Норники обладают чертами строения, характерными для наземных животных, но имеют ряд приспособлений, связанных с роющим образом жизни. Например, у барсуков длинные когти и сильная мускулатура на передних конечностях, узкая голова, небольшие ушные раковины. У кроликов по сравнению с зайцами, не роющими нор, заметно укорочены уши и задние ноги, более прочный череп, сильнее развиты кости и мускулатура предплечий и т. п.

По целому ряду экологических особенностей почва является средой, промежуточной между водной и наземной. С водной средой почву сближают ее температурный режим, пониженное содержание кислорода в почвенном воздухе, насыщенность его водяными парами и наличие воды в других формах, присутствие солей и органических веществ в почвенных растворах, возможность двигаться в трех измерениях.

С воздушной средой почву сближают наличие почвенного воздуха, угроза иссушения в верхних горизонтах, довольно резкие изменения температурного режима поверхностных слоев.

Промежуточные экологические свойства почвы как среды обитания животных позволяют предполагать, что почва играла особую роль в эволюции животного мира. Для многих групп, в частности членистоногих, почва послужила средой, через которую первоначально водные обитатели смогли перейти к наземному образу жизни и завоевать сушу. Этот путь эволюции членистоногих доказан трудами М. С. Гилярова (1912–1985).

Живые организмы как среда обитания

Многие виды гетеротрофных организмов в течение всей жизни или части жизненного цикла обитают в других живых существах, тела которых служат для них средой, существенно отличающейся по свойствам от внешней.

Использование одними живыми организмами других в качестве среды обитания – очень древнее и широко распространенное в природе явление. Даже прокариотические организмы (бактерии, актиномицеты и сине-зеленые водоросли) имеют сожителей. Среди бактерий описан род *Bdellovibrio*, представители которого являются специализированными внутриклеточными паразитами многих других бактерий. Внутриклеточные паразиты и симбионты обнаружены у большого числа одноклеточных эукариотических форм (красных, зеленых и диатомовых водорослей, амёб, радиолярий, инфузорий и др.). Практически нет ни одного вида многоклеточных организмов, не имеющих внутренних обитателей (рис. 19). Чем выше организация хозяев, чем больше степень дифференцированности их тканей и органов, тем более разнообразные условия они могут предоставить своим сожителям. С другой стороны, способность использовать другие организмы как среду обитания хотя и характерна для представителей большинства крупных таксономических групп, но в целом уменьшается с усложнением их организации. Таким образом, паразитов больше всего среди микроорганизмов и относительно примитивных многоклеточных, а подверженность заражению паразитами наиболее высока у позвоночных животных и цветковых растений.

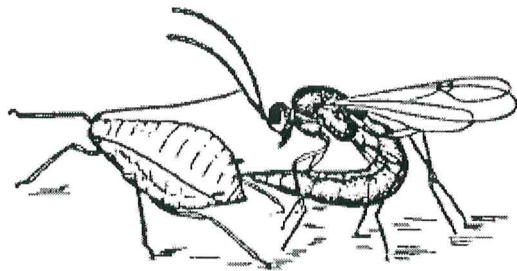


Рис. 19. Наездник, заражающий глю

Эндопаразиты обитают в специфических условиях внутренней среды хозяина. Это, с одной стороны, дает им целый ряд экологических преимуществ, а с другой – затрудняет осуществление их жизненного цикла по сравнению со свободноживущими видами.

Одно из главных преимуществ паразитов – обильное снабжение пищей за счет содержимого клеток, соков и тканей тела хозяина или содержимого его кишечника. Обильная и легкодоступная пища служит условием быстрого роста паразитов. Там, где позволяет пространство, например в кишечном тракте позвоночных, паразиты могут достигать очень больших размеров по сравнению с их свободноживущими родственниками. Так, человеческая и

свиная аскариды – одни из наиболее крупных представителей класса нематод, а лентец широкий, бычий и свиной солитеры – гиганты среди плоских червей, достигающие в длину 8-12 м, тогда как самые крупные тропические турбеллярии не превышают 60 см. Размеры большинства свободноживущих инфузорий составляют 50-100 мкм, тогда как сожители жвачных достигают 200–500 мкм, а в некоторых случаях – 2–3 мм, например из кишечника даманов.

Практически неограниченные пищевые ресурсы служат для паразитов также условием высокого потенциала их размножения, которое обеспечивает им вероятность заражения других хозяев.

Вторым важным экологическим преимуществом для обитателей живых организмов является их защищенность от непосредственного воздействия факторов внешней среды. Внутри хозяина его сожители практически не встречаются с угрозой высыхания, резкими колебаниями температур, значительными изменениями солевого и осмотического режимов и т. п. В особенно стабильных условиях существуют внутренние обитатели гомойотермных животных. Колебания условий внешней среды сказываются на внутренних паразитах и симбионтах лишь опосредованно, через организм хозяев.

Защищенность от внешних врагов, обилие легкоусвояемой пищи, относительная стабильность условий делают ненужной сложную дифференцировку тела, и поэтому многие внутренние паразиты и симбионты характеризуются в эволюции вторичным упрощением строения, вплоть до потери целых систем органов. Так, ленточные черви, всасывающие переваренную хозяином пищу через покровы, отличаются отсутствием пищеварительной системы и редукцией нервной. Галловые клещи, живущие в тканях растений, проводят всю свою жизнь и даже размножаются на стадии эмбриона всего с двумя парами конечностей вместо свойственных всем паукообразным четырех пар.

Выход во внешнюю среду чаще всего чреват для паразитов многими опасностями, поэтому на той стадии жизненного цикла, которую паразиты проводят вне хозяина, у них развиваются различные защитные приспособления, позволяющие пережить этот критический период (толстые и многослойные оболочки яиц гельминтов, цисты кишечных амёб, ооцисты со спорами кокцидий, способность к анабиозу у ряда личинок нематод и т. п.). Если в жизненном цикле паразитов нет стадии выхода во внешнюю среду, как, например, у малярийного плазмодия, то таких защитных приспособлений не обнаруживается.

Основные экологические трудности, с которыми сталкиваются внутренние сожители живых организмов, – это ограниченность жизненного пространства для тканевых и особенно внутриклеточных обитателей, сложности снабжения кислородом, трудность распространения от одной особи хозяев к другим, а также защитные реакции организма хозяина против паразитов.

Живые организмы не только испытывают воздействия со стороны паразитов и симбионтов, но и энергично реагируют на них. Это сопротивление паразитам получило название *активного иммунитета*. Полноценные, здоровые особи растений и животных часто обладают действенными защитными приспособлениями, не позволяющими проникать в них патогенным организмам. Например, устойчивость хвойных деревьев к нападению стволовых вредителей (жуков-короедов, личинок златок, усачей и пр.) обеспечивается прежде всего выделением смолы, которая содержит соединения, токсические для этих насекомых. Ослабленные деревья теряют сопротивляемость, их заселяют насекомые, поражают грибы и другие потребители живых тканей. У животных защитной реакцией от вторжения посторонних организмов является выработка гуморального иммунитета – образование в крови хозяина специфических белковых веществ, антител, подавляющих паразитов. Выработка иммунитета стимулируется токсинами паразита и часто предохраняет от повторных заражений.

В ряде случаев организм хозяина отвечает на вторжение паразита разрастанием окружающих его тканей, образованием своеобразной капсулы, изолирующей паразита. Такие образования у животных называют *зооцецидиями*, а у растений – *галлами*. Иногда такая изоляция приводит к гибели паразита. Например, личинки глист, проникающие под наружный слой мантии ряда пластинчатожаберных моллюсков, окружаются и замуровываются отложениями перламутра, возникает жемчужина. Чаще, однако, защитная роль зооцецидий ограничивается локализацией причиняемого вреда в определенном участке тела хозяина, а сами паразиты используют их как дополнительные защитные образования. Особенно наглядно это выражено в возникновении галлов у растений (рис. 20). Вызывающие их насекомые, клещи, нематоды и другие паразиты выделяют специальные вещества, стимулирующие преобразование тканей или целых органов растения в галлы с камерой внутри, в которой их обитатель надежно защищен от высыхания и врагов и обеспечен пищей.

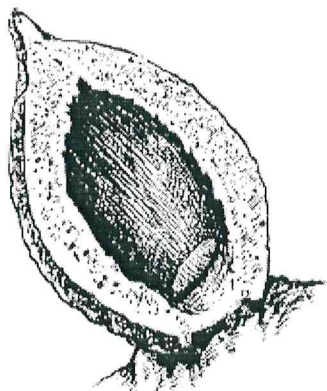


Рис. 20. Разрезанный галл на листе бука с личинкой мушки-галлицы. Ограниченность жизненного пространства особенно сказывается на размерах и форме внутриклеточных паразитов и симбионтов. Так, грегарины, живущие в полости кишечника, – это крупные споровики со сложно расчлененной

клеткой, тогда как кокцидии или малярийные плазмодии, являющиеся внутриклеточными паразитами, отличаются очень мелкими размерами и упрощенным внешним строением.

Недостаток кислорода в тканях и особенно в желудочно-кишечном тракте организмов-хозяев приводит к тому, что у многоклеточных обитателей внутриорганизменной среды вырабатывается преимущественно анаэробный тип обмена. Необходимая для работы клеток энергия высвобождается не за счет дыхания, а за счет разных видов брожения. У человеческой аскариды утрачены все ферменты дыхательного цикла, и кислород действует на червей как яд, что используется в медицинской практике. Однако целый ряд паразитов не утрачивает полностью способности к дыханию и может переключаться с анаэробного типа обмена на аэробный, например жгутиковые, эхинококк и др.

Среда обитания паразитов ограничена как во времени (жизнью хозяина), так и в пространстве. Поэтому основные адаптации направлены на возможность распространения в этой среде, передачи от одного хозяина к другому. Главнейшие приспособления к этому – повышенная способность к размножению, выработка сложных жизненных циклов, использование переносчиков и промежуточных хозяев.

Громадная плодовитость, свойственная паразитам, получила название «закон большого числа яиц». Естественный отбор привел к развитию у паразитов гигантской яйцепродукции по сравнению со свободноживущими формами. Человеческая аскарида продуцирует в среднем 250 тыс. яиц за сутки, а за всю жизнь – свыше 50 млн. Масса яиц, отложенных одной самкой аскариды за год, в 1700 раз превышает ее собственную массу.

Подавляющее большинство яиц и зародышей паразитов гибнет, не попав в очередного хозяина или не выдержав воздействия различных факторов внешней среды. Только чрезвычайная плодовитость увеличивает шансы на выживание и завершение жизненного цикла хотя бы немногих потомков, поддерживая существование вида.

Приспособления к умножению потомства проявляются у ряда паразитов также в виде *партеногенеза*, *полиэмбрионии* (клетки одного делящегося яйца дают начало множеству зародышей), *бесполого размножения* (почкование у пузырчатых стадий ленточных червей). Это приводит к чередованию поколений – полового и партеногенетического или полового и бесполого.

У многих паразитов чередование поколений сочетается со сменой двух или более хозяев, так что одно поколение существует в одном хозяине, а другое – в другом. Партеногенетическое или бесполое размножение в промежуточном хозяине увеличивает шансы паразита на попадание в окончательного хозяина и завершение жизненного цикла. Многообразие и сложность жизненных циклов паразитов выработались как приспособление для передачи от одной особи хозяина к другой для распространения.

В ряде случаев паразиты сами становятся средой обитания других видов – возникает явление *гиперпаразитизма*. Двух- или даже трех- и

четырёхступенчатый паразитизм не так редок в природе. Например, многоядерные опалины, живущие в амфибиях, сами бывают иногда на 100 % заражены амебами, размножающимися внутри их клеток. В свою очередь, амебы, паразитирующие на опалинах, могут быть поражены грибом. Много сверхпаразитов в классе насекомых. Например, для паразита капустной белянки наездника известно более 20 видов вторичных паразитов из перепончатокрылых.

В разных частях тела многоклеточного организма условия неоднородны. Хозяин выступает для своих обитателей как многообразная среда. Его паразиты и сожители приспособились к жизни в определенных органах и тканях, они приурочены к определенному возрастному и физиологическому состоянию хозяина. Например, в Сибири в лиственницах тонкоусый еловый усач заселяет преимущественно прикорневую часть до высоты примерно 1 м, лиственничная златка осваивает ствол выше, до 4–5 м, продолговатый короед распространяется по всей его средней части, а вершину и ветви заселяют короед-гравер и заболонник Моравица. В пищеварительном тракте кролика одновременно могут паразитировать несколько видов кокцидий, каждый из которых локализуется в определенных частях кишечника.

Фауна паразитов изменяется с возрастом хозяина. Увеличение его размеров, исчезновение личиночных органов и появление новых, смена сред обитания, метаморфоз, линьки – все это отражается на заселенности хозяина паразитами и симбионтами.

Большой круг паразитов обитает не внутри, а на поверхности тела хозяина. Последний в этом случае выступает лишь как часть внешней среды паразита, снабжая его пищей, предоставляя убежище, трансформируя микроклимат. Связь эктопаразита с хозяином может быть постоянной или временной. Для постоянных или длительно связанных с хозяином эктопаразитов одна из основных жизненно важных экологических задач – удержаться на теле хозяина. В связи с этим типичные эктопаразиты обычно характеризуются наличием мощных органов прикрепления – присосок, крючьев, коготков и т. п., которые независимыми путями развиваются у самых разных по происхождению видов.

Таким образом, паразиты, как и свободноживущие виды, обладают сложной системой приспособлений к своей среде обитания. Их строение и организация отражают специфику этой среды. У представителей разных групп, ведущих паразитический образ жизни, часто развиваются сходные типы приспособлений.

Каждый организм адаптирован к той среде, где он обитает.

Адаптация – (от лат. *adapto* – прилаживаю), совокупность морфофизиологических, поведенческих, популяционных и др. особенностей данного биологического вида, обеспечивающая возможность специфического образа жизни в определенных условиях внешней среды.

Способности организмов к адаптации возникают и изменяются в ходе эволюции видов, проявляются на различных уровнях (от биохимии клеток,

поведения отдельных организмов до строения и функционирования надорганизменных систем – популяций, биоценозов, экосистем) и обеспечивают возможность существования вида в течение длительного времени.

2.2. Понятие об экологических факторах среды, их классификация.

Отдельные свойства или элементы среды, воздействующие на организмы, называются *экологическими факторами*. Они подразделяются на абиотические, биотические, антропогенные.

Абиотические факторы – совокупность факторов неживой природы (температура, свет, давление, солевой состав воды, течение, рельеф и др.), прямо или косвенно влияющие на живые организмы.

Биотические факторы – это формы воздействия живых существ друг на друга. Примером могут служить внутривидовые и межвидовые взаимодействия такие, как конкуренция, нейтрализм, симбиоз (мутуализм), комменсализм, аменсализм, паразитизм, хищничество, протокооперация (содружество).

Антропогенные факторы – это формы деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни (загрязнение сред обитания, вырубка лесов, промысел животных и пр.).

Существуют и другие классификации экологических факторов (К.В. Скуфьин, 1986).

По происхождению они делятся на:

- 1) *экзогенные* – поступающие в экосистему извне (осадки, солнечная радиация и др.);
- 2) *эндогенные* – находящиеся внутри экосистемы (роса, иней, перегной почвы, почти все биотические факторы).

По изменчивости экологические факторы подразделяются на:

- 1) *переменные* (большая часть экологических факторов, например, свет, температура, воздействие человека и других организмов и т.д.);
- 2) *постоянные* (земное тяготение).

По ритму действия:

- 1) *периодические* (солнечная радиация, морские приливы);
- 2) *непериодические* (ветер, атмосферное давление и др.).

По характеру влияния на биокомпоненты:

- 1) *витальные* – прямо действующие на жизнеспособность популяции (температура, пища и др.);
- 2) *сигнальные* – предвещающие наступление витальных факторов (сокращение продолжительности дня перед наступлением холодов, понижение атмосферного давления перед приближением бури).

По отношению к плотности популяции:

- 1) *зависящие от плотности популяции* (пищевой фактор, паразиты);
- 2) *не зависящие от плотности популяции* (климатические факторы, соленость морской воды).