

Учреждение образования
«Белорусский государственный
технологический университет»

В. Ф. Кулеш, В. М. Каплич

ЭКОЛОГИЯ

ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением
по образованию в области природопользования и лесного
хозяйства в качестве пособия для студентов очной и заочной
форм обучения учреждений высшего образования по
специальностям 1-89 02 02 «Туризм и природопользование», 1-3
02 01 «Физическая культура» специализации 1-03 02 01 03
«Физкультурно-оздоровительная и туристско-рекреационная
деятельность», 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»*

Минск 2018

УДК 574(076.5)
ББК 28.081я7
К90

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра общей экологии, биологии и экологической генетики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой *Р. М. Смолякова*);

доктор биологических наук, доцент, заведующий сектором мониторинга и кадастра животного мира ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам» *В. М. Байчоров*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Кулеш, В.Ф.

К90 ЭКОЛОГИЯ. Практикум : пособие для студентов специальностей 1-89 02 02 «Туризм и природопользование», 1-3 02 01 «Физическая культура» специализации 1-03 02 01 03 «Физкультурно-оздоровительная и туристско-рекреационная деятельность», 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / В. Ф. Кулеш, В. М. Каплич. – Минск : БГТУ, 2018. – 000 с. ; цв. ил.
ISBN 978-985-530-702-1.

Изложены основные концепции современной экологии в аспекте практического усвоения курса. Рассмотрены предмет, методы и задачи экологии, среды жизни, биологические системы, а также актуальные проблемы прикладной экологии. Пособие формирует практические навыки у студентов при освоении учебного курса.

Предназначено для студентов специальностей «Туризм и природопользование», «Физическая культура» и «Лесное хозяйство».

**УДК 574(076.5)
ББК 28.081я7**

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время экология является одной из приоритетных наук современного естествознания. И это не случайно, поскольку интерес к этой науке связан с экоситуацией, которая сложилась на нашей планете, на стыке XX и XXI вв. Экологический кризис, вызванный антропогенными факторами, состояние биосферы, проблемы продовольствия, «чистой воды», использование природных ресурсов, проблемы роста народонаселения выводят экологию далеко за пределы чисто биологической науки.

Приоритетность экологического мировоззрения, где знание законов и положений экологии становится частью нового способа мышления, предусматривает Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь.

В процессе изучения данного предмета учащиеся сталкиваются с необходимостью глубокого изучения фундаментальных теоретических положений и важностью осмысления их прикладного применения. В процессе усвоения экологического знания студенты должны опираться на знания, приобретенные при изучении таких учебных дисциплин, как общая биология, флористические ресурсы экологического туризма и т. д.

В соответствии с учебной программой при изучении этого курса большое внимание уделяется самостоятельной работе студентов, приводимые в данном пособии материалы окажут им действенную помощь при подготовке к практическим занятиям, поскольку в лекционном курсе значительная часть материала и особенно прикладные аспекты применимости теоретических положений из-за ограниченности времени не упоминаются.

На занятия выносятся важнейшие вопросы, которые имеют ключевое значение при изучении курса экологии. Будущий специалист должен уметь объяснить основные теоретические положения экологии, организацию и функционирование биологических систем, сущность продукционных и регуляторных функций, рабо-

ту адаптивных механизмов на разных уровнях организации живой материи, роль и значимость экологии как науки в решении проблемы природопользования, энергоресурсосбережения, обеспечения выживания человечества и сохранения биосферы.

Таким образом, изучение экологии воспитывает активную гражданскую позицию, эстетические и нравственные ценностные ориентации (привычки, нормы, убеждения) на цивилизованное, экологически грамотное отношение к природе, формирование сознательной готовности к личному участию в проводимых природоохранных мероприятиях.

Раздел I. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ

Занятие 1. Экология как биологическая наука и учебная дисциплина

1. Экология, предмет и задачи курса.

1.1. Э. Геккель (1866) – определение экологии.

1.2. Предмет экологии.

1.3. Аутэкология, демэкология, синэкология, экосистемная экология и биосферология.

1.4. Задачи теоретической экологии. Прикладная экология.

2. Возникновение экологии как науки. История становления и развития.

2.1. Периодизация становления и развития экологии по Г. Н. Розенбергу: подготовительный период (накопления экологических знаний), период формирования факториальной экологии, период синэкологических исследований, период формирования глобальной экологии.

2.2. Экологические законы Б. Коммонера.

2.3. Прикладные экологические направления: социальная экология, экология человека, урбоэкология, инженерная экология, сельскохозяйственная экология и др.

3. Методы экологических исследований.

3.1. Полевые методы. Эксперимент.

3.3. Мониторинг как система наблюдений, анализа и прогноза состояния окружающей среды.

4. Задачи и проблемы современной экологии.

4.1. Глобальная экоситуация и ее особенности.

4.2. Глобальные экологические проблемы. Рост численности народонаселения, урбанизация.

4.3. Задачи экологии в связи с научно-техническим прогрессом и экологическим кризисом. Конференция глав государств в Рио-де-Жанейро 1992 г. «Конвенция о сохранении биоразнообразия».

Теоретическая часть

Важность экологии как науки для человека заключается в том, что она изучает его непосредственное природное окружение. Человек, наблюдая природу и присущую ей гармонию, невольно стремился внести эту гармонию в свою жизнь. Это желание стало особенно острым лишь сравнительно недавно, после того как стали заметны последствия неразумной хозяйственной деятельности, приводящие к разрушению природной среды. А это в конечном итоге оказало неблагоприятное влияние на самого человека. Вот почему термин «экология» получил такое широкое распространение.

Следует помнить, что экология – фундаментальная научная дисциплина, идеи которой имеют очень важное значение. И если мы признаем важность этой науки, нам надо научиться пользоваться ее законами, понятиями, терминами. Ведь они помогают людям определять свое место в окружающей их среде, правильно и рационально использовать природные богатства.

Кто именно вел термин «экология», остается неясным до сих пор, но впервые употребил знаменитый немецкий биолог *Эрнст Генрих Геккель* (1834–1919) в 1866 г. в своем знаменитом труде «Всеобщая морфология организмов», образовав его от гр. слова oikos, что означает дом или жилище: «Под *экологией* мы понимаем сумму знаний относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей средой, как органической, так и неорганической, прежде всего – дружественных, враждебных отношений и с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в кон-



Эрнст Генрих Геккель
(1834–1919)

такт». Во-первых, человек – единственное создание природы, которое, на первый взгляд, не подвластно экологическим законам, поскольку может существовать почти в любой точке земного шара. Ему всегда необходим воздух, питьевая вода, пища и одежда. Все это он либо берет непосредственно у дикой природы, либо выращивает на своих полях и пастбищах и запасает впрок. И все же, сколь ни впечатляющи достижения человека, в действительности он никогда не покидал своей экологической ниши или образно говоря своего дома. Человек, к настоящему времени расселился по всей поверхности Земли, хотя большая часть человечества обитает между 50° северной и несколькими градусами южной широты.

Во-вторых, человек – тоже живой организм, находящийся во взаимоотношениях с окружающей средой, причем его поведение оказывает очень значительное влияние на состояние окружающей среды. Поэтому с позиций антропоцентризма экология воспринималась в большей степени как наука, «обслуживающая» человека в зависимости от изменения его экологического или социального статуса, чем естественнонаучная дисциплина. Хотя в последнее время ситуация изменяется.

Экология относительно молодая наука. Для понимания того, как она формировалась, целесообразно рассмотреть ее становление с точки зрения развития человечества и его воздействия на окружающую среду на ключевых этапах человеческой цивилизации. С этой точки зрения весьма интересна работа академика *Г. С. Розенберга* (1992), где он дает хронологический обзор экологических событий и условно делит историю становления экологии на 5 этапов. Естественно понимать, что границы этих периодов весьма условны и в недрах каждого из них появлялись работы, становившиеся фундаментом следующих периодов.

I период – до 1866 г. (определение экологии и обоснование ее в качестве самостоятельной дисциплины *Э. Г. Геккелем* в научном труде «Всеобщая морфология организмов»).

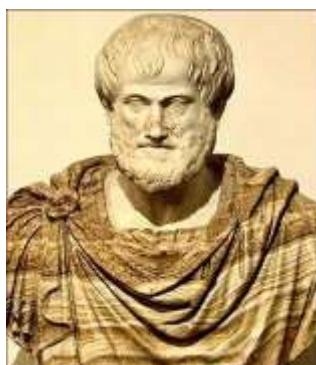
Следует подчеркнуть, что это подготовительный период накопления экологической «*фактологии*», можно сказать период «*наивной экологии*», когда ее элементы появляются в трудах философов, ботаников, зоологов и других естествоиспытателей. Характерная черта данного периода – отсутствие собственного понятийного аппарата.

Изучая эту начальную часть курса, необходимо понимать, в чем ценность упрощенно-наивных представлений естествоиспытателей древности о силах природы, механизмах зарождения и функционирования всего живого.

Первые попытки упорядочить процесс познания природы, поставив его на научную основу, стали предприниматься уже в эпоху ранних цивилизаций Междуречья и Египта, Индии и Китая. Например, в VI–IV вв. до н. э. в эпических поэмах древней Индии «Махабхарата» и «Рамайяма» описан образ жизни и местообитания более 50 видов животных и растений. Около 1700 г. до н.э. в Месоотамии (г. Ниппур) написан, пожалуй, первый научный трактат по сельскому хозяйству. К 1500 г. до н. э. был составлен так называемый «папирус Эберса», найденный в древнеегипетском городе Фивы, который содержал ряд врачебных рецептов, предписаний и любопытные данные естественнонаучных наблюдений: онтогенез скарабея – из яйца, мясной мухи – из личинки, лягушки – из головастика.

Наибольший прогресс в развитии научных представлений об окружающей среде пришелся на эпоху Античности (VIII в. до н. э. – V в. н. э.). На первый план уже стало выходить стремление людей к воссозданию непротиворечивой картины мира и своему месту в нем.

Широко известна энциклопедия «Естественная история» **Плиния Старшего** (23–79 н. э.) и сочинения других античных философов, где многие явления природы характеризуются с подлинно экологических позиций (примеры). Выделяются труды **Аристотеля** (384–322 гг. до н. э.) «История животных», «Возникновение животных», «О частях животных», в которых он создал первую из известных классификаций животных.





Плиний Старший
(23–29 до н.э.)

Аристотель
(322–384 до н.э.)

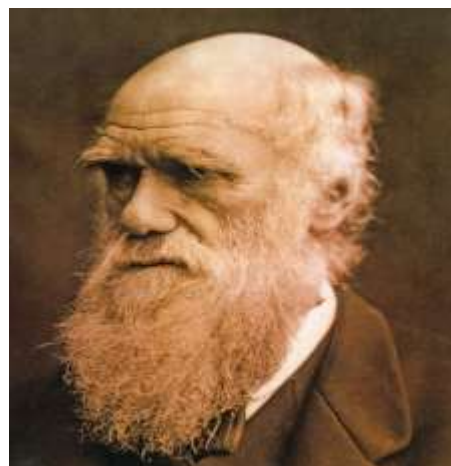
Необходимо обратить внимание на то, что особый интерес мыслители древней Греции и Рима проявляли к вопросам происхождения и развития жизни на Земле, а также к выявлению связей предметов и явлений окружающего мира. Так, древнегреческий философ и математик *Анаксагор* (около 500–428 гг. до н. э.) выдвинул одну из первых теорий происхождения известного на этот момент мира и населяющих его живых существ. Согласно его представлениям основу, существования реального мира составляет соединение неисчислимого множества бесконечно малых его элементов – «семян веществ». Будучи изначально в беспорядке, они образовали хаос. Однако впоследствии мировой «ум» привел их в движение и упорядочил таким образом, что неоднородные элементы отделились друг от друга, а однородные сцепились между собой, образовав землю и вещи, высохнув и отвердев. Земля стала колыбелью жизни: ее поверхность была оплодотворена семенами, занесенными туда из воздушной сферы дождями. В результате на свет появились растения, а следом пришли животные.

И хотя эти описания носили наивный, порою даже фантастический характер, они, безусловно, сыграли положительную роль в истории экологии. Начавшийся упадок древнеримской цивилизации и, наконец, установление на всей территории Европы господства догматического христианства привели к тому, что науки о природе и человеке в течение многих веков переживали состояние глубокой стагнации, не получая практически никакого развития. В познании окружающего мира господствовал метафизический метод (такой способ познания рассматривает явления и предметы, как обособленные и неизменные структуры), но, тем не менее, экологическая составляющая завоевывала все новые позиции.

Например, в грамоте *Людовика Баварского*, которая датируется 1328 г. встречаем «...тяжкий штраф ждет того, кто поймает синицу, усердного ловца насекомых, тот, кто нарушил этот запрет, должен был уплатить королевскую подать: 60 шиллингов, красивую рыжую курицу и 12 цыплят».

Изучение развития естествознания в метафизический период сопряжено с рядом трудностей, поэтому очень важно ознакомиться с трудами ученых, которые предопределили наступление эпохи Возрождения. Об ее приближении известили труды таких выдающихся средневековых ученых, как *Альберт Великий* (1206–1280) и *Роджер Бэкон*. Первый в своих сочинениях «Об алхимии» и «О металлах и минералах» высказывал о зависимости климата от географической широты места и положения над уровнем океана, о происхождении гор и долин под воздействием землетрясений и потоков. В трактате «О растениях» он выдвинул идею изменчивости растений под влияние окружающей среды. Англичанин *Р. Бэкон* (1214–1294) утверждал, что все органические вещества представляют по своему составу различные комбинации тех же элементов и жидкостей, из которых сложены тела неорганические (учение о биосфере). Р. Бэкон особо отмечал роль солнца в жизни организмов, а также обращал внимание на их зависимость от состояния среды, в том числе и человека.

К этому периоду относятся замечательная работа *Карла Линнея* (1707–1778) «Экономика природы», изданная в 1749 г., где он предложил типологию местообитаний растений и заложил основы систематики, а также «Естественная история» *Жоржа-Луи Леклерка де Бюффона* (1707–1788) в 36 томах, где он развил идеи изменчивости видов под влиянием среды и единства растительного и животного мира, и особенно знаменитая книга *Чарльза Дарвина* (1809–1882) 1859 г. выпуска «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь», где автор развил широко известные представления об эволюции органического мира и тем самым нанес сокрушительный удар последователям метафизики.



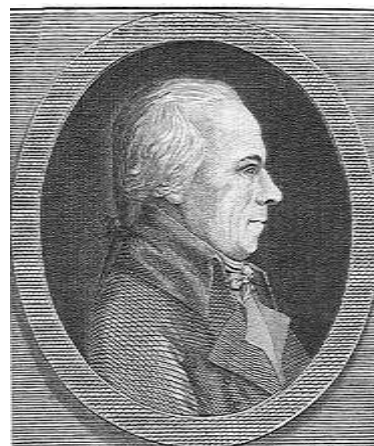
Жорж-Луи Леклерк де Бюффон
(1707–1882)

Чарльз Дарвин
(1809–1882)

Значительную роль в распространении научных знаний сыграла Гродненская медицинская школа, позже академия, основанная *Антонием Тизенгаузом* (1730–1783). В 1781 г. она была переведена в Вильню, на основе которой был создан медицинский факультет. Возглавил ее в 1775 г. профессор из Лиона *Жан Эммануэль Жилибер* (1741–1814). Он образовал при школе кабинет естествознания, аптеку, анатомический театр и знаменитый ботанический сад, издал два тома фундаментального труда «Флора Литвы» (1781), которые вышли в Гродно и следующие три тома уже в Вильни, где рассуждал о принципах классификации растений Линнея, Турнефора и др. Этот труд заслужил широкую известность.



Антоний Тизенгауз
(1733–1785)



Жан Эммануэль Жилибер
(1741–1814)

Ж. Жилибер весьма критически относился к К. Линнею, называя его систематику искусственной. Растительный и животный мир ученый рассматривал как творение материальной

природы, отрицал существование «жизненных духов» и считал, что все заключается в природной жизнедеятельности организмов. По Ж. Жилиберу классификация животного и растительного мира должна быть натуральной, а не искусственной, и, выступая с подлинно экологических позиций, он писал, что при систематизации и растений необходимо учитывать прежде всего разнообразные природные связи растений, исходя из условий их произрастания. Он провел блестящие сравнительно-анатомические исследования животного мира и человека, проанализировал общее и разное в их строении. Ж. Жилибер призывал изучать реальные причины болезней людей и идти к истине, невзирая на верования, религиозные запреты и т. д. Над входом в анатомический театр он повесил плакат «Тут сама смерть должна приносить пользу человеку».

II период – от 1866 до 1935 г. (определение понятия «экосистемы», которое предложил в 1935 г. английский ботаник *Артур Тенсли* (1871–1955).

Основное содержание экологических исследований этого этапа – формирование факториальной экологии, вскрытие закономерностей отношения животных и растений к разнообразным абиотическим (физическим) факторам окружающей среды.

В это время необходимо отметить важнейшие работы, которые вывели экологические исследования на передовые позиции науки того времени. Немецкий ученый *Карл Август Мебиус* (1825–1908) в 1877 г., изучая устричные банки, ввел понятие «**биоценоз**».



Артур Тенсли
(1871–1955)



Карл Август Мебиус
(1825–1908)

Датчанин **Вильгельм Йогансен** (1857–1927) в 1903 г. заимствовал из демографии и ввел в экологию понятие «**популяция**». В 1913 г. было основано Британское экологическое общество и начал издаваться всемирно известный журнал «Экология». Американец **Чарльз Адамс** (1875–1955) опубликовал «Руководство к изучению экологии животных» (1915). Великий русский ученый **В. И. Вернадский** (1863–1945) в 1926 г. издал фундаментальный труд «Биосфера», где развил представление о планетарной роли живого вещества. Англичанин **Чарльз Элтон** (1900–1991) в 1927 г. в своей книге «Экология животных» оформил новое научное направление популяционная экология, предложил закон «*пирамиды чисел*», понятие «*трофическая экологическая ниша*». Он писал, что чем сложнее устроена экосистема, тем она стабильнее. Однако австралийский инженер **Роберт Мэй** (родился в 1936 г.) в 1971 г., ставший впоследствии британским экологом, на математических моделях показал, что, наоборот, более сложные системы оказываются нестабильными.



Б. Г. Йогансен
(1911–1996)



В. И. Вернадский
(1863–1945)



Чарльз Элтон
(1900–1991)

III период – с 1936 г. до начала 70-х гг. XX в. Это период синэкологических исследований, когда на передний план вышло изучение взаимоотношений популяций в экосистемах. Основой методологии становится системный подход: развитие представлений о взаимосвязях компонентов в экосистемах.

Большое внимание уделяется математической экологии, где рассматривается большое разнообразие аналитических и имитационных моделей экосистем. Следует особо подчеркнуть, что в этот период экология оформляется как самостоятельная фундаментально-теоретическая дисциплина.

В 1942 г. **В. Н. Сукачев** (1880–1967) предложил понятие «**биогеоценоз**». В 1949 г. американский эколог **Олдо Леопольд** (1887–1948) издал свой труд «Этика Земли», где заложил по сути дела основы охраны природы. В 1957 г. британский ботаник **Джон Хатчинсон** (1884–1972) предложил понятие *экологической ниши*. В 1974 г. американский ученый **Барри Коммонер** (1917–2012) издал известную монографию «Замыкающийся круг», где вывел четыре общих экологических закона.



В. Н. Сукачев
(1880–1967)



Джон Хатчинсон
(1884–1992)



Барри Коммонер
(1917–2012)

IV период – с начала 70-х до середины 80-х гг. XX в. Основное содержание этого этапа экологических исследований – возрастание интереса к популяционной экологии (демэкологическим исследованиям), отказ от конкуренции как основного фактора формирования сообщества, изучение экосистем в их развитии (включая и эволюционные факторы). Чернобыльская катастрофа во многом изменила взгляды на существование человечества в условиях его бездумного вмешательства в ход естественных природных процессов, когда превалирует понятие «...только то хорошо, что приносит дополнительные блага и комфорт человеку, не взирая на состояние окружающей среды». До этого периода мало кто знал и интересовался собственно радиацией. Возникла такая наука, как радиационная экология. Многократно возрос интерес не только к проблеме стабильности и устойчивости экосистем, но и к запасу прочности биосферы, месту и роли человека в биосфере Земли.

Следует особо подчеркнуть, что данный этап в развитии экологии – это воздействие антропогенных факторов на окружающую среду, т. е. период становления социальной экологии. По сути дела, начало этой науки в современном смысле было положено публикацией первых докладов Римского клуба в 1972 и 1974 гг. (создан в 1968 г. как международная общественная организация, призванная способствовать пониманию особенностей развития человечества в условиях научно-технической революции). Сама идея создания такого клуба – это результат деятельности итальянского экономиста *Аурелио Печчеи* (1908–1984). В этих докладах впер-



Аурелио Печчеи
(1908–1984)

вые, при исследовании социоприродных глобальных процессов, были применены имитационные математические методы, разработанные профессором Массачусетского технологического института *Джорджем Форестером*. Тем самым впервые в социальном прогнозе были учтены составляющие, которые можно назвать *экологическими*:

- 1) конечный характер минеральных ресурсов;
- 2) ограниченные возможности природных комплексов поглощать и нейтрализовать отходы человеческой производственной деятельности.

Последующие работы, выполненные по заказу Римского клуба, под руководством *Д. Медоуза* «Пределы роста» (1972), а также *М. Месаровича* и *Э. Пестеля* «Человечество у поворотного пункта» (1974), в основном подтвердили справедливость прогнозов, составленных *Дж. Форестером* (1974) о том, что в связи с исчерпанием минеральных ресурсов и чрезмерным загрязнением окружающей среды возможен пессимистический вариант нисходящей линии развития общества к концу первой трети XXI ст. Так, впервые в науке была поставлена проблема возможного конца цивилизации не в отдаленном будущем, о чем неоднократно предупреждали различные пророки, а в течение весьма конкретного отрезка времени и по вполне конкретным и даже прозаическим причинам.

Итак, *социальная экология* – объединение научных отраслей, изучающих связь общественных структур (начиная с семейных и других малых социальных групп) с природной и социальной средой их окружения (т.е. это синэкология человека). Хорошо заметна почти полная идентичность определения социальной экологии, и экологии человека. Подобная интерпретация предмета экологии

человека фактически приравнивает ее к социальной экологии, понимаемой в широком смысле.

Сегодня все большее число исследователей склоняются к расширенному толкованию предмета социальной экологии. Таким образом, *предметом изучения современной социальной экологии*, являются специфические связи между человеком и средой его обитания, т. е. центральным понятием в социальной экологии является «**система общество – природа**». Нельзя себе представить общество вне окружающей среды. И дело здесь не просто в необходимости выделения определенной части пространства для проявления социальной жизни. Разнообразные факторы природной среды: определенные ритмы и циклы, интенсивность и перепады света, температуры, шумов, наличие определенных минеральных и органических веществ в пище, скорость смены впечатлений, вибрации, процентное содержание тех или иных элементов в почве, воздухе и воде – стали не переменным условием нормальной жизнедеятельности человеческого организма, формировавшегося в ходе биологической эволюции сотни тысяч лет. Даже простой перевод стрелки часов с зимнего времени на летнее и обратно уже приводит к сбоям в работе человеческого организма. Наступает состояние, которое медики называют *дезинхронозом*. Оно проявляется в ухудшении работоспособности, общего самочувствия, способно вызвать сонливость или бессонницу. Несомненно, что «прыгающее время» неблагоприятно сказывается на состоянии нервной системы человека, его психическом равновесии.

Основные задачи социальной экологии исходя из этого могут быть определены следующим образом:

- изучение влияния среды обитания как совокупности природных и общественных факторов на человека;
- влияние человека на окружающую среду, воспринимаемую как рамки человеческой жизни;
- преобразование среды в интересах человека.

Последняя задача чрезвычайно сложная и не означает игнорирования «интересов самой среды». Сохранение естественных систем природы (общества) обычно совпадает с целями человека, поскольку без адекватной своим нуждам среды он существовать не может. Именно понимание динамичной целостности этих процессов лежит в основе экологического мышления.

Следует остановиться на историческом аспекте эволюции экологического мышления и возникновения социальной экологии. К сожалению, есть все основания полагать, что при всех исторических этапах развития общества на первый план всегда выставлялись интересы экономической и политической выгоды, а не экологическая целесообразность. Общество стремилось сохранить и приумножить накопленные богатства. Это всегда казалось важнее, чем сохранение и воспроизводство природной среды. Более того, ради общественного благосостояния природа подвергалась непрерывному преобразованию, замещалась искусственной техногенной средой. (Можно привести ряд негативных примеров такого превалирования экономической целесообразности над экологически оправданными действиями – каскад Волжских водохранилищ, Аральская экологическая ситуация, обвалование р. Припяти, глобальное осушение Полесья, распашка водоохраных зон, переселение чужеродных видов.) Никто и не думал, что при этом систематически подрывалась экологическая сторона бытия.

У период – с середины 80-х гг. XX в. до настоящего времени. Это период становления и развития глобальной экологии с выделением в ее рамках антропоэкологии. Практически все глобальные проблемы современного мира (касаются не отдельного региона или страны, а всего человечества): промышленные, сельскохозяйственные, политические, экономические, культурные и мировоззренческие – оказались так или иначе связаны с экологическими проблемами.

Особой вехой этого периода стала конференция глав государств в Рио-де-Жанейро в 1992 г., где была принята конвенция о сохранении биоразнообразия. Биологическое разнообразие означает все возможные формы живых организмов всех сред обитания: наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы. Это понятие включает также и разнообразие экосистем. Осознание непреходящей ценности биологического разнообразия, его значения для поддержания естественной эволюции и устойчивого функционирования биосферы привело человека к пониманию угрозы, которую создает сокращение биологического разнообразия

в результате антропогенного воздействия.

Знакомясь с многочисленной литературой, касающейся глобальных экологических проблем, следует указать на которые имеет современная глобальная экологическая ситуация две особенности:

1) продолжающийся рост глобальной численности человечества, характеризующийся относительным демографическим переуплотнением в отдельных регионах и ускоренным ростом городского населения;

2) продолжающееся ухудшение глобальной экологической ситуации, несмотря на успешные локальные очистки, огромную природоохранную инфраструктуру и ресурсосберегающие технологии.

Отсюда вытекают следующие экологические проблемы глобального характера. И решить эти проблемы не под силу одной или двум пусть даже самым развитым и богатым странам:

– изменение климата Земли на основе усиления парникового эффекта;

– изменение концентрации озона в тропосфере, стратосфере, выражающее, в общем, его ослабление и образование «озонных дыр» над Антарктикой и «малых дыр» над другими регионами планеты;

– замусоривание и иное загрязнение ближайшего космического пространства;

– загрязнение атмосферы с образованием кислотных осадков, сильно ядовитых и пагубно действующих веществ в результате вторичных химических реакций (образование серной кислоты в атмосфере от выбросов сернистого ангидрида);

– загрязнение океана, захоронение в нем (дампинг) ядовитых и радиоактивных веществ, насыщение его вод углекислым газом из атмосферы, поступление в него антропогенных нефтепродуктов, других загрязняющих веществ (соли тяжелых металлов и сложно-органических соединений);

– истощение и загрязнение поверхностных вод суши, континентальных водоемов и водотоков, подземных вод;

– радиоактивное загрязнение локальных участков и некоторых регионов, в особенности с текущей эксплуатацией атомных устройств, чернобыльской аварией и испытаниями ядерного оружия;

– продолжающееся накопление на поверхности суши ядовитых и радиоактивных веществ, бытового мусора и промышленных отходов, в особенности практически неразложимых и очень стойких, типа полиэтиленовых изделий, других пластмасс;

– опустынивание планеты в новых регионах, расширение уже существующих пустынь, углубление самого процесса опустынивания, т. е. деградация плодородных земель;

– сокращение площади тропических и северных лесов, болот ведущее к дисбалансу кислорода, иссушению и усилению процесса исчезновения многих видов животных и растений (около 30 тыс. видов);

– освобождение и образование в ходе вышеуказанного процесса новых экологических ниш и заполнение их нежелательными организмами – вредителями, паразитами, возбудителями новых заболеваний растений и животных, включая человека;

– ухудшение среды жизни в городах и сельской местности, увеличение шумового воздействия, стрессов, подавления человека высотными зданиями, дискомфорта обезличенного строительства, напряженного темпа городской жизни и потери социальных связей между людьми, возникновения «психологической усталости».

При изучении методов экологических исследований особое внимание необходимо обратить на полевые наблюдения и полевой эксперимент, которые проводятся непосредственно в природной обстановке и дают наиболее полное представление о состоянии окружающей среды и влиянии экологических факторов в том или ином регионе.

Литература

Основная

1. Коробкин, В. И. Экология / В. И. Коробкин, Л. В. Перельский. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 602 с.

2. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.

3. Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 307 с.

4. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.

5. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

6. Бляхер, Л. Я. История биологии с древнейших времен до начала XX века / Л. Я. Бляхер, Б. Е. Быховский, С. Р. Микулинский. – М.: Наука, 1972. – 564 с.

7. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Изд-во МСЭ, 1989. – 408 с.

8. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.

9. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.

10. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.

11. Розенберг, Г. С. О периодизации экологии / Г. С. Розенберг // Экология. – 1992. – № 4. – С. 3–19.

12. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

13. Розенберг, Г. С. Анализ определения понятия «Экология» / Г. С. Розенберг // Экология. – 1999. – № 2. – С. 89–98.

14. Розенберг, Г. С. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии: учеб. пособие / Г. С. Розенберг, Д. П. Мозговой, Д. Б. Гелашвили. – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2000. – 396 с.

15. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала заполните таблицу, отражающую анализ развития и становления экологии как биологической науки.

Период	Дата	Регион, страна	Литературный источник	Основное содержание

Задание 2

1. Покажите значение античного периода в становлении естествознания.

2. Рассмотрите великие географические открытия в эпоху Возрождения и их роль в формировании экологического мировоззрения.

3. Охарактеризуйте период формирования синэкологических исследований и становление экологии как фундаментально-теоретической дисциплины.

4. Обозначьте современные глобальные экологические проблемы.

5. Проследите динамику урбанизации и роста численности народонаселения.

6. Укажите направления прикладных экологических исследований.

7. Обоснуйте развитие социальной экологии и экологии человека в современных условиях взаимодействия человека с окружающей средой.

Занятие 2. Основные отрицательные тенденции современного экологического кризиса

1. Понятие экологического кризиса.

1.1. Причины экологического кризиса и последствия для окружающей среды.

1.2. Природное экологическое бедствие.

2. Антропогенное загрязнение окружающей среды.

2.1. Классификация загрязняющих веществ по Ф. Рамаду.

2.2. Основные вещества, загрязняющие биосферу.

2.3. Загрязнение атмосферы. Смог и его разновидности.

2.4. Проблема кислотных осадков.

2.5. Проблема «чистой воды».

3. Изменения климата Земли. Парниковый эффект и его последствия.

4. Возникновение «озоновых дыр». Состояние озонового слоя (экрана).

Теоретическая часть

Понятие экологического кризиса. Экологический кризис является одной из самых значимых проблем взаимоотношения человека с окружающей средой, и поэтому его изучению следует уделить особое внимание.

Прежде всего, обратимся к тому, какое состояние окружающей среды обозначается термином «экологический кризис», поскольку в учебной литературе это понятие трактуется весьма расплывчато.

Современный экологический кризис *Н. Ф. Реймерс* (1994) назвал *кризисом редуцентов* и объяснил это тем, что редуценты биосферы уже не справляются с разложением огромного количества загрязняющих веществ антропогенного происхождения, которые накапливаются в биосфере.

С конца 50-х–60-х гг. XX в. человечество начало ощущать первые симптомы воздействия промышленных выбросов, которые на первый взгляд не грозили серьезными последствиями и не угрожали здоровью человека. Однако к настоящему времени изменения состояния биосферы под воздействием антропогенного фактора оказались настолько заметными и значимыми, что настоятельно потребовалось их определить, найти причины изменения состояния окружающей среды и указать возможные пути существования человечества в будущем.

На научно-техническом и инженерно-технических этапах промышленной революции в индустриальном обществе доминирующим лицом стал технократ. Он и оказался субъектом, ответственным за неблагоприятное состояние окружающей среды, которое обозначили таким понятием, как «экологический кризис». Явное присутствие людей не отмечено пока на площади примерно 48 млн км² суши при общей площади около 149 млн км². При этом доля свободной от людей территории в Северной Америке составляет 37%, странах СНГ – 33%, в Австралии, Океании и Африке –

27%, в Южной Америке – 20%, в Азии – 18%, в Европе – 3% (Реймерс, 1994), а Антарктида практически свободна от следов человека. Но это если не считать опосредованных воздействий через атмосферу и водный сток. Влияние через эти каналы охватывает и Мировой океан, так как в его водах растворяется антропогенно освобожденный углекислый газ, вещества типа NO_2 , SO_4 и другие загрязнители, местами он покрыт нефтяной пленкой, загрязнен фенолами и т. д. Все это неблагоприятно воздействует на человека и его хозяйство. В этом смысл экологического кризиса. Уже не только природа, но и человек ощущает результаты своей деятельности.

Экологический кризис – это ситуация, возникшая в природных экосистемах в результате нарушения равновесия под воздействием антропогенных факторов (зарегулирование рек, вырубка лесов, загрязнение атмосферы, гидросферы, почв и т. п.).

Итоговая ситуация – это снижение биоразнообразия, продуктивности, опустынивание природных экосистем, и как следствие, ухудшение здоровья человека.

Еще в 70-е гг. XX в. известнейший американский эколог **Б. Коммонер** (1974) констатировал в своей книге «Замыкающийся круг», что одна из главных причин кризиса окружающей среды состоит в том, что огромные количества веществ извлечены из земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что все должно куда-то деваться (*3-й закон Коммонера*). В результате большие количества (млн т) этих веществ производятся, накапливаются в тех местах, где их по природе не должно быть, широко рассеиваются по биосфере и оказывают негативное воздействие на жизнедеятельность живых организмов.

Кроме воздействия человека наблюдаются и *стихийные бедствия (или природные экологические бедствия)*, не связанные с деятельностью человека. Это любое, как правило, непредотвратимое грозно разрушительное природное явление (засуха, наводнение, землетрясение, цунами, ураган и т. п.), причиняющее экономический ущерб и несущее угрозу здоровью и жизни людей, а также отрицательно и даже во многих случаях разрушительно воздействующее на природные экосистемы. Эти два понятия –

стихийное бедствие (природное экологическое бедствие) и экологический кризис необходимо четко различать.

Какие же пути преодоления экологического кризиса на нашей планете и есть ли они? *Н. Ф. Реймерс* (1994) обосновывает основные позиции современной экополитики в этом направлении. Кратко их можно изложить так:

- прежде всего, нужна тщательная инвентаризация природных ресурсов, включая естественные условия жизни на Земле, в ее экосистемах по всей их иерархии;

- одним из основных путей выживания человечества следует считать создание механизма превентивного сохранения природных ресурсов и условий на рыночной основе. Должны возникнуть глобальные нормативы и сложиться мировые цены на все природные ресурсы (и условия, включая загрязнения), мировой их рынок. Нулевой оценки природных ресурсов давно уже нет. Любая часть «организма» природы что-то стоит для человечества, хотя бы потому, что для всех желающих ресурсов уже нет;

- интенсификация использования природных ресурсов при условии сохранения среды жизни и увеличения темпов экономического роста. Одно из направлений – наиболее полное извлечение минеральных ресурсов, например нефти, иногда теряемой до 70%. То же касается и сельскохозяйственных ресурсов. Такой же процесс возможен и в лесном хозяйстве. Выборочное изъятие леса с помощью специальной техники, как показывает опыт Финляндии и других развитых стран, может увеличить прирост древесины в полтора, а то и в два раза и сохранить лесную среду на десятки лет;

- эффективное использование вторичных ресурсов. В Чехии, например, лом черных металлов используют на 90%, цветных – от 15 до 85%, отходы текстильного производства – на 65%, стекольного – свыше 30%. Надо сразу оговориться, что внутренний ресурсный круг, не вовлекающий природные запасы извне (из природы), невозможен, но в ряде случаев (пример Японии) он может занять ведущее место;

- разумная достаточность в числе и размере предприятий. Одновременно следует стремиться к тому, чтобы изделия были по возможности миниатюрными, чтобы забирать минимум ресурсов. Оптимизация числа и размеров хозяйственных единиц и их про-

дукции – еще один путь облегчения экологической ситуации. В очередной раз следует напомнить, что гигантизм – начало конца. Это общесистемный закон;

– экономия энергии и смена ее источников на водород и солнечные батареи неизбежны, хотя это произойдет не скоро – поколения энергоисточников заменяются не чаще, чем через 30–40 лет. Количество ГЭС, АЭС и ТЭС уже превысило предел разумной достаточности. Дальнейшее их развитие опасно, даже если удастся улавливать отходящие газы ТЭС и АЭС. К тому же ГЭС, разрывая экологические цепи «река–водоем», ведут к непредсказуемым изменениям в морских экосистемах;

– существенной отраслью в сфере воспроизводства природной среды выступает поддержание экологического равновесия. Необходимо сохранять определенное соотношение между количеством и качеством экологических компонентов – энергией, водой, воздухом, почво-субстратами, растениями, животными и микроорганизмами. Иначе говоря, нельзя безнаказанно распахать весь мир, пагубно использовать сверхтяжелые сельскохозяйственные машины, делать открытые разрезы для добычи полезных ископаемых, в результате чего образуются воронки депрессии подземных вод, охватывающие территорию в радиусе 150–200 км и т. п.;

– демографическое планирование становится в повестку дня. Оно возможно лишь на базе социально-экономических компенсаций, изменения самой основы воспроизводства населения. Это уже происходит в развитых странах, имеющих низкий или отрицательный прирост населения. Его база – высочайшая социальная защищенность и материальная обеспеченность людей, приемлемое качество жизни, высокая общая культура, чувство собственного достоинства и уважение прав человека, уверенность в своем завтрашнем дне и будущем немногочисленных потомков;

– для осуществления всех этих направлений необходимо знание, и поэтому расходы на науку должны быть увеличены многократно. Например, в США – стране, которую едва ли можно заподозрить в легкомысленном разбрасывании денег, расходы на науку с 1972 по 1987 г. XX в. увеличились с 40,092 до 132,4 млрд долл. США. При этом число ученых возросло лишь с 56 до 66 на 10 000 населения.

Определение и классификация загрязняющих веществ.

Термин «загрязнение» означает без какой-либо двусмысленности воздействие всех токсичных веществ, которые человек выбрасывает в экосферу. Однако его употребление становится не столь очевидным, когда речь идет о малоопасных и безвредных для живых существ соединениях, влияющих на окружающую среду лишь в случае большой концентрации. Это, например, углекислый газ, концентрация которого в атмосфере увеличивается вследствие сжигания огромных масс ископаемого топлива.

Дать классификацию загрязнений – дело нелегкое, так как существуют многочисленные критерии, по которым ее можно осуществить, но ни одна такая классификация не будет вполне удовлетворительной. Загрязняющие вещества можно сгруппировать по их природе – физической, химической, биологической и т. д. Можно с экологической точки зрения рассматривать среду, в которой они оказывают свое вредное воздействие. Можно рассматривать загрязнение с медицинской точки зрения и изучать среду обитания или способ поражения человеческого организма – через пищу, при кожных контактах, при дыхании.

Одна из наиболее универсальных классификаций загрязнения окружающей среды представлена французским экологом *Ф. Рамадом* (1981). В ней выделяется четыре типа антропогенного загрязнения окружающей среды (физическое, химическое, биологическое, эстетический вред) и сделана попытка найти компромисс между различными точками зрения, хотя может быть, это имеет и несколько искусственный характер.

Физическое загрязнение связано с изменением физических, температурно-энергетических, волновых и радиационных параметров внешней среды. Так, тепловое воздействие особенно заметно проявляется при работе теплоэлектростанций, когда в водоем-охладитель выбрасывается подогретая вода до +30...+40°C. Водозабор производится из естественных водоемов и используется для охлаждения турбин теплоэлектростанций. Вода не загрязнена химическими веществами, но постоянный температурный пресс нарушает гомеостаз водных экосистем водоемов-охладителей, что приводит к образованию бескислородных зон, повышенному развитию цианобактерий и исчезновению многих видов гидробионтов. Одними из значимых физических воздей-

ствий являются шум и электромагнитные излучения. С экологической точки зрения, в современных условиях, шум становится не просто неприятным для слуха, но и приводит к серьезным физиологическим последствиям для человека. Естественные природные звуки на самочувствии человека, как правило, не сказываются. Звуковой дискомфорт создают антропогенные источники шума, которые повышают утомляемость человека, снижают его умственные возможности, значительно понижают производительность труда, вызывают нервные перегрузки, стрессы и т. п. (рис. 1.1).

Источниками электромагнитных воздействий являются высо-

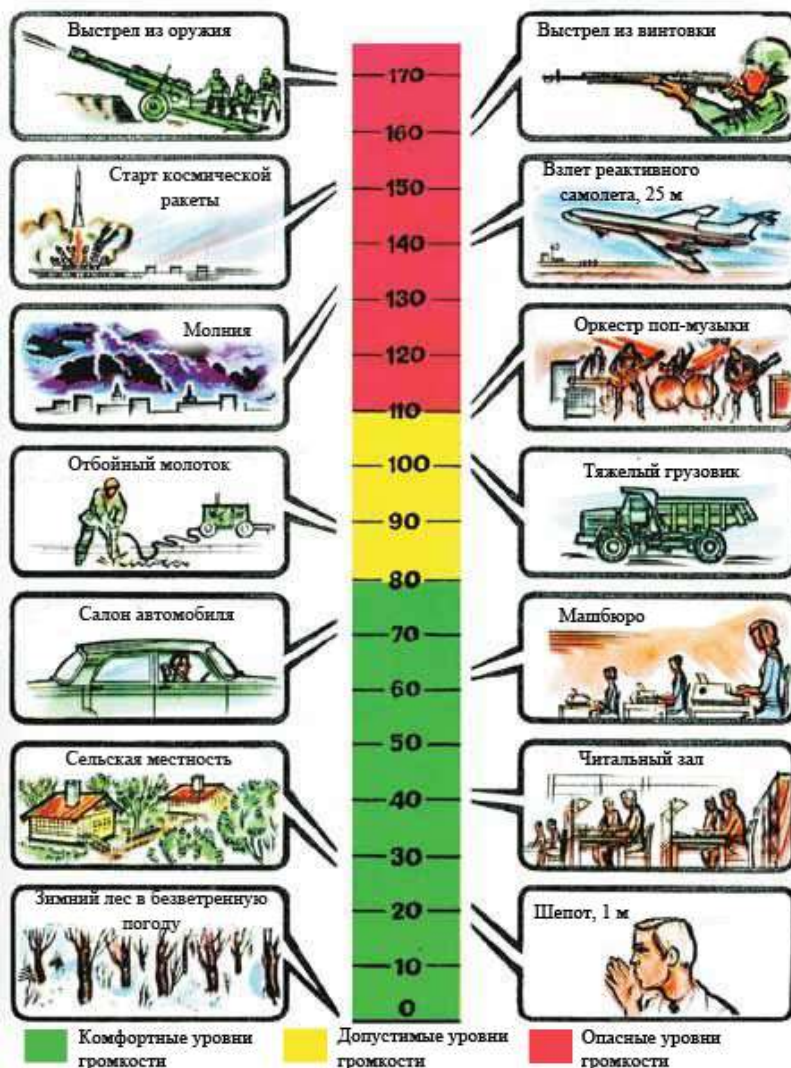


Рис. 1.1. Уровень шумового воздействия на здоровье человека

ковольтные линии электропередач, электроподстанции, антенны радио- и телепередающих станций, а в последнее время также микроволновые печи, компьютеры.

Химические загрязнения являются наиболее опасными для природных экосистем и человека. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны 200 наименований (список составлен экспертами ЮНЕСКО): бензол, асбест, бензопирен, пестициды соли тяжелых металлов (особенно ртути, свинца, кадмия), разнообразные красители, детергенты, синтетические моющие средства, а также пищевые добавки. По расчетам специалистов, в настоящее время в природной среде содержится от 7,0 до 8,6 млн химических веществ, причем их арсенал ежегодно пополняется еще 250 тыс. новых соединений.

Эксперты ООН (Курьер ЮНЕСКО, 1971) выделили 10 главных загрязнителей, которые оказывают самое ощутимое воздействие на живые организмы биосферы (таблица). Такая же ситуация сохраняется и в настоящее время.

Главные загрязнители биосферы.

Вид	Источник
Углекислый газ	Образуется при сгорании всех видов топлива. Один из парниковых газов. Влияет на тепловой баланс биосферы
Оксид углерода	Образуется при неполном сгорании топлива. Негативно воздействует на дыхательную систему человека
Сернистый газ	Содержится в дымах промышленных предприятий. Создает смог. Вызывает обострение респираторных заболеваний. Источник образования серной кислоты в атмосфере с последующим выпадением кислотных осадков
Оксиды азота	Попадают в атмосферу от стационарных источников, автотранспорта, переизбытка азотных удобрений. Создают смог. Вызывают обострение респираторных заболеваний. Источник образования азотной кислоты в атмосфере с последующим выпадением кислотных осадков
Фосфаты	Содержится в удобрениях. Один из главных загрязнителей рек и озер
Ртуть	Загрязнитель водной среды. Один из опасных загрязнителей морепродуктов. Накапливается в организме и негативно действует на нервную систему

Свинец	Попадает в атмосферу с выхлопными газами автомобилей. Влияет на кровеносную, нервную и мочеполовые системы, откладывается в костях и тканях
Нефть и нефтепродукты	Опасный загрязнитель водной среды. Образует газонепроницаемую пленку на поверхности воды, что приводит к гибели водных организмов
Ядохимикаты	Токсичны для живых организмов. Многие являются канцерогенами
Радиация	Приводит к генетическим мутациям и злокачественным новообразованиям у живых организмов

Основными источниками *биологического загрязнения* являются предприятия, производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, биоконцентраты, сточные воды предприятий пищевой и кожевенной промышленности. Из этих источников разнообразные органические соединения и патогенные микроорганизмы попадают в почву, горные породы и подземные воды. Особую опасность представляет биологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных и паразитарных болезней. Новая экологическая опасность создается в связи с развитием биотехнологии и генной инженерии. При несоблюдении санитарных норм возможно попадание из лаборатории или завода в окружающую среду микроорганизмов и биологических веществ, оказывающих весьма вредное воздействие на биотические сообщества, здоровье человека и его генофонда.

Следует особо остановиться на проблеме инвазивных чужеродных видов, которая становится глобальной. В марте 2002 г. Совет Европы по окружающей среде признал, что интродукция инвазивных чужеродных видов является одной из главных причин потери биологического разнообразия, а также серьезного урона экономике и здоровью населения.

Инвазионный вид, или **инвазивный вид**. Однозначного и корректного определения не существует. В русском языке термин «инвазионный вид» является морфологической передачей с английского *Invasive species*. На сайте Глобальной программы по изучению инвазивных видов дается такое определение: «**Инвазионные заносные виды** – это чужеродные (non-native) организмы, которые наносят или могут нанести урон окружающей среде, экономике или здоровью человека». Согласно оценкам Международного банка развития, только в США неконтролируемое рас-

пространение инвазивных организмов ведет к сокращению объема производства более чем на 147 млрд долл. США в год, Индии – на 117 млрд долл. США, в Бразилии – на 50 млрд долл. США, а в Южной Африке – на 7 млрд долл. США.

Республика Беларусь из-за своего географического положения и трансграничного характера речных бассейнов выступает как регион-акцептор чужеродных видов. Это означает, что процесс инвазии чужеродных видов будет усиливаться. В последние десятилетия, в связи с хозяйственной деятельностью человека, на территорию Беларуси проник целый ряд видов, которые являются чужеродным элементом в фауне и флоре республики, и вот в связи с какими причинами (Семенченко, Пугачевский, 2006):

- 1) глобальное потепление климата;
- 2) интенсификация товарных и иных отношений с другими странами;
- 3) радикальное увеличение транспортных потоков;
- 4) интерес людей к выращиванию экзотических видов растений

Перечислим только некоторые из наиболее известных инвазивных видов на территории Беларуси: речная дрейссена, енотовидная собака, колорадский жук, полосатый рак, золотарник канадский, клен ясенелистный, бешеный огурец, борщевик Сосновского и т. д.

Эстетический вред условно можно отнести к загрязнениям окружающей среды. Это обезличенное строительство, засорение уникальных, живописных пейзажей промышленным и малопривлекательным строительством, свалками мусора, линиями электропередач и т. д.

Загрязнение атмосферы. Смог и его разновидности. Следует обратить внимание на то, что из всех компонентов биосферы атмосфера обладает наибольшей способностью переносить возникшие в ней возмущения на большие расстояния. По этой причине атмосферные процессы являются основным механизмом превращения локальных воздействий человека на окружающую его среду в глобальные изменения природных условий.

Одним из самых значимых воздействий загрязненной атмосферы на здоровье человека является смог (смесь дыма и тумана).

Смог (англ. *smoke* – дым + *fog* – туман) – один из видов загрязнения воздуха в крупных городах и промышленных центрах.

Сам по себе туман не опасен для человеческого организма, губительным он становится только тогда, если чрезмерно загрязнен токсическими примесями. Впервые термин «смог» был введен доктором **Генри Антуаном де Во** (Henry Antoine Des Voeux) в 1905 г. в статье «Туман и дым», написанной для публичного конгресса о здоровье. Первоначально под смогом подразумевался дым, образованный сжиганием большого количества угля (смешение дыма и диоксида серы SO₂).

В конце XIX в. смог стал неотъемлемой частью Лондона и получил название *pea-souper* (т. е. похожий на гороховый суп – густой и желтый). Этот смог впоследствии назвали **классическим**, или **лондонским**. 5 декабря 1952 г. над всей Англией возникла волна высокого давления, и в течение нескольких дней не ощущалось ни малейшего дуновения ветра. Однако трагедия разыгралась только в Лондоне, где была высокая степень загрязнения атмосферы – за 3–4 дня там погибло более 4000 человек и еще 8000 человек умерло в последующие несколько месяцев. Английские специалисты определили, что смог 1952 г. содержал несколько сот тонн дыма и сернистого ангидрида. Лондонский смог наблюдается лишь в осенне-зимнее время (с октября по февраль). Главную опасность представляет содержащийся в нем оксид серы в концентрации свыше 5–10 г/м³.

В 1950-х гг. XX в. был впервые описан новый тип смога – **Лос-анджелесский**, или **фотохимический**, который не менее опасен, чем лондонский. Возникает он летом при интенсивном воздействии солнечной радиации на воздух, насыщенный, а вернее, перенасыщенный выхлопными газами автомобилей. Особенно остро воздействие выхлопных газов начало сказываться в Лос-Анджелесе (из-за огромного числа производимых автомобилей его еще называли неофициальной автомобильной столицей мира). В Лос-Анджелесе выхлопные газы более четырех миллионов автомобилей выбрасывают только оксидов азота в количестве более чем тысячи тонн в сутки. При очень слабом движении воздуха или безветрии в воздухе в этот период идут сложные реакции с образованием новых высокотоксичных загрязнителей – фотооксидантов (озон, органические перекиси, нитриты и др.), которые раз-

дражают слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, легких и органов зрения.

Кислотные осадки. Кислотные осадки (кислотные дожди) имеют pH менее 5,6. Образуются они при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и окислов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотные кислоты (рис. 1.2).

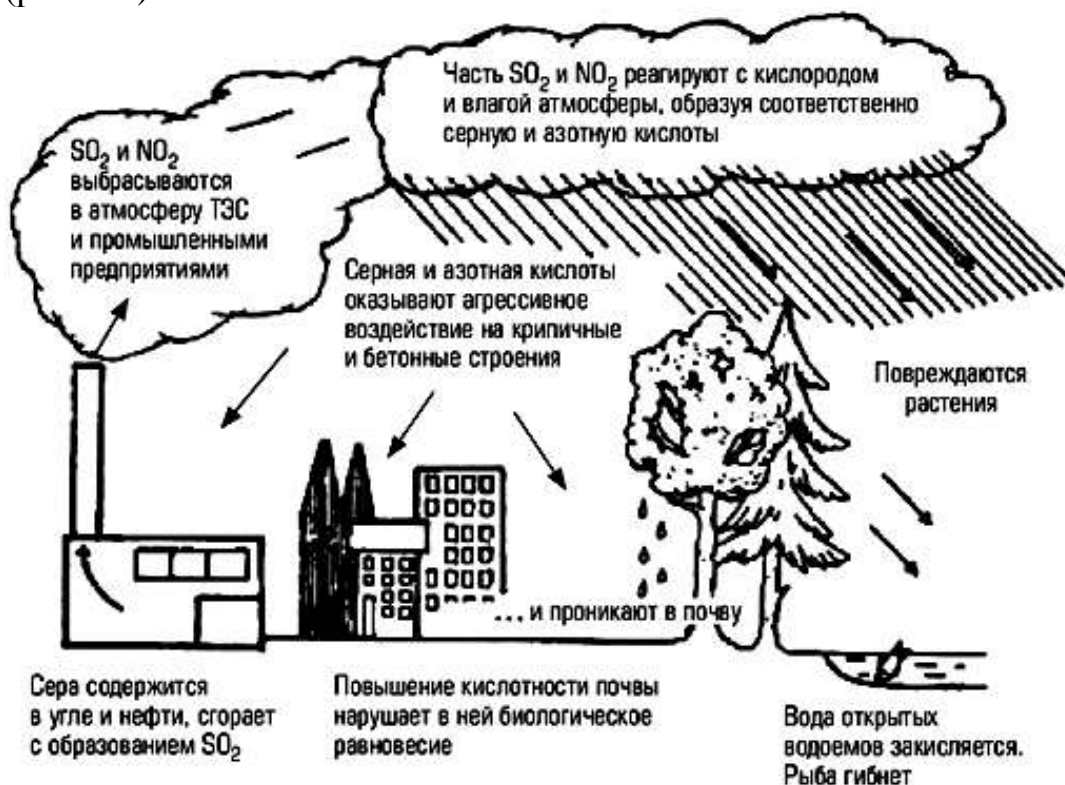


Рис. 1.2. Образование и выпадение кислотных осадков

В настоящее время в атмосферу попадает примерно 60–70 млн т серы в виде двуокиси серы (SO₂). Это примерно в 2 раза превосходит естественные источники (в атмосферу сера поступает из почвы в форме газообразных соединений). До определенного времени проблема кислотных осадков считалась региональной, связанной главным образом с развитием промышленности Северного полушария. Однако высокие выбросы серы и азота в местах, где используются техногенные ископаемые, сделали проблему кислотных осадков мировой. Выбросы промышленных предприятий могут переноситься воздушными потоками на многие тысячи ки-

лометров и вызывать кислотные осадки в странах, которые находятся на больших расстояниях от источников загрязнения.

Огромный вред наносят кислотные осадки лесам, да и садам тоже. Особенно страдают хвойные деревья, потому что хвоя сменяется реже, чем листья, и поэтому накапливает больше вредных веществ за один и тот же период. По этой причине в различных регионах мира уже практически погибали леса на площади более 31 млн га. Например, в Беларуси выпадение кислотных осадков зарегистрировано не только в промышленных районах, но и на территории Березинского биосферного заповедника. В настоящее время на территории Германии кислотными осадками повреждено более 30% лесных насаждений, а в Канаде уже погибли старейшие леса из бальзамической ели (возраст которых насчитывал не менее 300 лет). Из сельскохозяйственных растений наиболее подверженными этому вредоносному действию оказались листья томатов, фасоли, баклажанов, табака, подсолнечника, винограда и хлопчатника. Урожайность этих культур может снижаться в среднем на 20–30%.

Необходимо упомянуть и еще одно негативное явление, которое связано с выпадением кислотных осадков. Кислотные дожди разъедают металлы, краски, синтетические соединения, разрушают архитектурные памятники. Прочный, твердый мрамор, смесь окислов кальция (CaO и CO_2), реагирует с раствором серной кислоты и превращается в гипс (CaSO_4). Смена температур, потоки дождя и ветер разрушают этот мягкий материал. Исторические памятники Греции и Рима, простояв тысячелетия, в последние годы интенсивно разрушаются.

Конечно же, атмосфера обладает способностью к самоочищению от загрязняющих веществ. Не будь этого, человечество давно погибло бы в собственных промышленных отходах. Всякое загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на его нейтрализацию. Эта способность долгое время эксплуатировалась человеком бездумно и хищнически. Казалось, как ни велика масса отходов, по сравнению с защитными ресурсами она незначительна. Однако процесс загрязнения резко прогрессирует, и становится очевидным, что природные системы самоочищения не безграничны.

Проблема «чистой воды». Эта проблема в последние десятилетия становится глобальной и все более острой, затрагивающей напрямую состояние здоровья и экономику более чем половины населения мира. На что необходимо обратить внимание при изучении данной тематики?

Во-первых, общий объем водных ресурсов Земли оценивается в 1,4 млрд. км³, или 0,2 км³ на душу населения – более чем достаточно. Большие запасы воды на нашей планете сосредоточены в ее недрах, но в основном это термальные, высокотермальные воды. Их химический состав изменяется от чистейших пресных вод до глубины крепких рассолов. Пресные подземные воды большей частью располагаются на глубине до 1,5–2,0 км, далее начинаются соленые. Бассейны подземных пресных или минерализованных вод иногда образуют гигантские артезианские водохранилища.

В среднем в мире пресная вода расходуется следующим образом:

- сельское хозяйство – 50%;
- промышленность – 40%;
- бытовые нужды – 6%;
- питьевая вода – 0,1%;
- в водохранилищах сберегается – 4%.

В нашей стране структура водопотребления иная:

- 1) сельское и рыбное хозяйство – 30%;
- 2) промышленность – 30%;
- 3) хозяйственно-бытовые нужды – 40% (для хозяйственно-питьевого водоснабжения основным источником остаются подземные воды, которые составляют около 88%).

Во-вторых, что же обуславливает нехватку пресной воды в мире? Проблема нехватки воды определяется, прежде всего тремя причинами:

– географической неравномерностью распределения водных ресурсов;

– неравномерностью распределения населения (около 60% суши, на которой проживает более трети населения мира – это засушливые районы, испытывающие острый недостаток пресной воды. Больше всего страдают населенные или засушливые регионы Африки и Азии. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), трудности с питьевой водой испытывают около

2 млрд человек и другой показатель – количество людей, не обеспеченных достаточно чистой водой, их около 1,5 млрд. Ежегодно от болезней по тем или иным причинам, связанным с неблагоприятным качеством воды, умирает около 5 млн человек. Минимальный уровень воды на душу населения в сутки, установленный ООН, составляет 10 л, и это в основном население стран Африканского континента;

– растущее обмеление и загрязнение пресной воды. И эта тенденция приобретает угрожающий характер.

Изменения климата Земли. Парниковый эффект и его последствия. Из-за сложностей анализа глобальных изменений температуры некоторые ученые до сих пор не признают потепление фактом и предпочитают говорить о нем как о правдоподобной гипотезе, нуждающейся в тщательной проверке. И все же подтверждений с каждым годом становится все больше. Климатологи из крупнейших мировых исследовательских центров, собрав доступные архивы метеоданных из разных уголков земного шара, обработали их и привели к единой шкале (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Глобальные изменения среднегодовой температуры Земли

Получилось четыре ряда глобальных температур, начинающихся со второй половины XIX в. На них видны два отчетли-

вых эпизода глобального потепления. Один из них приходится на период с 1910 по 1940 г. XX в. За это время средняя температура на Земле выросла на $+0,3...+0,4^{\circ}\text{C}$. Затем в течение 30 лет температура не росла и, возможно, даже немного снизилась, а с 1970 г. XX в. начался новый эпизод потепления, который продолжается до сих пор. За это время температура повысилась еще на $+0,6...+0,8^{\circ}\text{C}$. Таким образом, в целом за XX в. средняя глобальная температура приземного воздуха на Земле выросла примерно на 1°C . Это довольно много, поскольку даже при выходе из ледникового периода потепление обычно составляет всего $+4...+5^{\circ}\text{C}$.

Какие же причины вызывают глобальное потепление? Сказать, что современная наука не может объяснить это явление, было бы не совсем верно. Скорее, загвоздка в том, что она может истолковать его слишком большим числом способов, и на сегодняшний день совершенно непонятно, какому из них следует отдать предпочтение. Самая ходовая гипотеза, объясняющая все происходящее, связывает изменение климата с так называемым парниковым эффектом, т. е. различной степенью прозрачности земной атмосферы для видимого и инфракрасного излучения.

Накопление углекислого газа, а также так называемых парниковых газов в атмосфере – одна из основных причин парникового эффекта, возрастающего от разогревания Земли лучами Солнца. Солнечное излучение почти беспрепятственно проходит через земную атмосферу, если только в ней нет облаков. Попав на земную поверхность или в воду, фотоны частично поглощаются, отдавая свою энергию, и частично рассеиваются – отражаются в произвольном направлении в виде длинноволнового инфракрасного излучения. В глобальном масштабе содержащиеся в воздухе парниковые газы играют ту же роль, что и стекло в парнике, не пропуская длинноволновое излучения в космос и тем самым дополнительно разогревая поверхность нашей планеты (рис. 1.4).

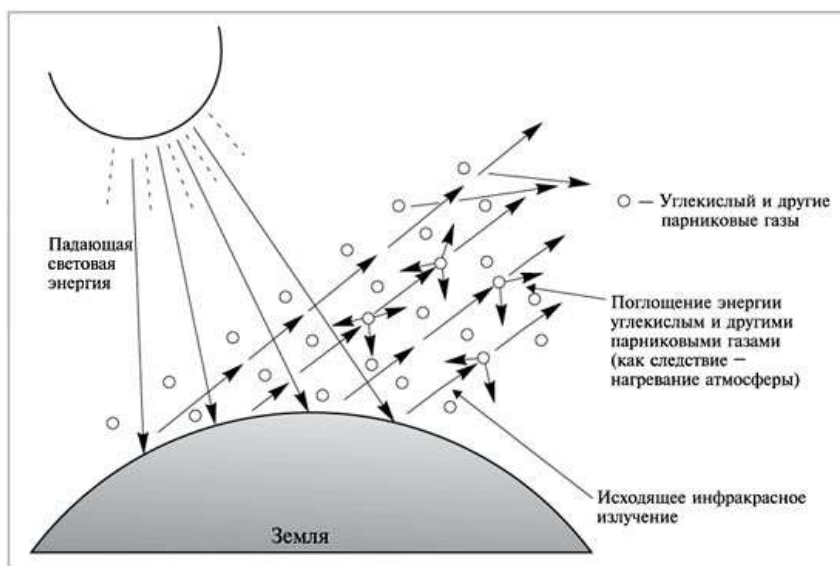


Рис. 1.4. Физическая сущность парникового эффекта

Одним из главных по значению парниковым газом является водяной пар, за ним следует углекислый газ, метан, фреоны, закись азота. Основным источником углекислого газа антропогенного происхождения является сжигание ископаемого топлива (уголь, нефть, горючие сланцы, торф, дрова). По оценкам экспертов ЮНЕСКО, доли некоторых стран в глобальном выбросе углекислого газа таковы: США – 24%, Россия и Китай – 11%, Германия и Япония – по 5%.

В последние десятилетия стало отмечаться постепенное возрастание в атмосфере содержания метана CH_4 (в среднем 1% в год). Это связано как с природными факторами (метан, как известно, – болотный газ), так и с антропогенными причинами (сжигание биомассы, увеличение выращивания риса на полях, отходы от содержания крупного рогатого скота).

Фторхлоруглероды (или сокращенно фреоны) были синтезированы человеком и активно начали применяться в производстве с 50-х гг. XX в. Концентрация закиси азота с начала века выросла на 20% в связи с применением азотных удобрений.

Выясняя причины изменения климата нашей планеты, нельзя не познакомиться с мнением известных экологов Санкт-Петербургской школы глобальной экологии, которые считают, что парниковый эффект связан не просто с поступлением углекислого газа в атмосферу, в результате сжигания ископаемого топлива, а с

нарушением равновесного состояния биоты Земли под влиянием антропогенного воздействия. Согласно принципу *Ле Шателье – Брауна*, скорость поглощения углерода биотой при ее малых относительных возмущениях окружающей среды (т. е. ее деградацией, снижением продуктивности, биоразнообразия, которые происходят под влиянием деятельности человека), пропорциональна приросту его концентрации в окружающей среде по отношению к невозмущенному состоянию. Если принцип выполняется, коэффициент пропорциональности положителен. Таковым он был до начала XX в., судя по скорости выбросов ископаемого углерода и его накопления в атмосфере. Биота суши подчинялась принципу *Ле Шателье – Брауна*, т. е. была слабо возмущена и эффективно компенсировала все воздействия человека на биосферу, так что проблемы загрязнения не возникало.

С начала XX в. вследствие возмущения биоты суши человеком она перестала поглощать углерод из атмосферы, наоборот, начала выбрасывать его, увеличивая, а не уменьшая загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями. В то же время современные данные по распределению радиоуглерода в океане и изменению кислорода в атмосфере показывают, что пока еще маловозмущенная биота океана поглощает избыток CO_2 , выбрасываемый в атмосферу человеком, т. е. она пока еще функционирует в соответствии с принципом *Ле Шателье – Брауна*.

Возникновение «озоновых дыр» и состояние озонового экрана Земли. Озон (трехатомные молекулы кислорода) рассеян над землей на высоте от 15 до 50 км (рис. 1.5). Озоновая оболочка очень невелика. Если гипотетически сжать озоновую оболочку при нормальном атмосферном давлении, то получится слой толщиной всего в 3 мм.

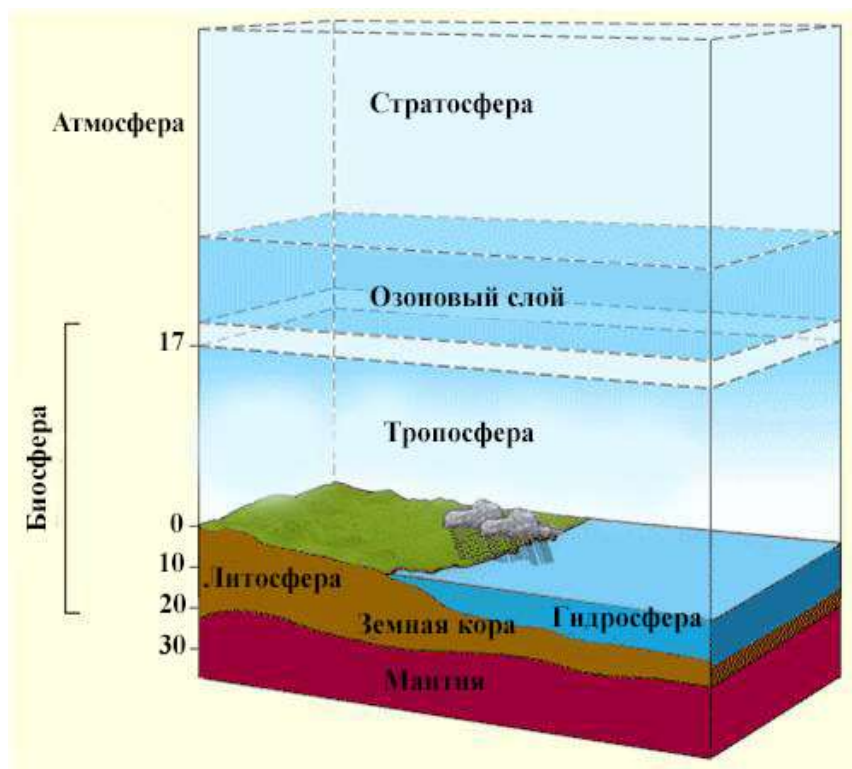


Рис. 1.5. Озоновый слой в составе атмосферы Земли

Прежде всего, при изучении этой темы следует помнить, что стратосферный озоновый слой выполняет важнейшую жизненно-сберегающую функцию – защищает людей и живую природу от жесткого ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения.

Установлено, что каждый потерянный процент озона в масштабах планеты вызывает до 150 тыс. дополнительных случаев слепоты из-за катаракты, на 2,6% увеличивается число раковых заболеваний кожи. Жесткое ультрафиолетовое облучение подавляет иммунную систему организма. Рост интенсивности ультрафиолетового излучения может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и гибели фитопланктона в океане.

«Озоновая дыра» – это значительное пространство в озоносфере с пониженным до 50% содержанием озона.

Однако, термин этот условный, так как речь идет не о каких-то областях в атмосфере, где вообще отсутствует озоновый слой – единственный защитник живого на Земле от губительной ультрафиолетовой радиации Солнца, а рассматривается явление весеннего уменьшения содержания озона над Антарктидой. Сегодня при-

нято аномалии озона относить к «озоновым дырам», если дефицит озона превышает 30%.

Проблема озонового слоя – лишь часть сложной экологической обстановки. Над английской антарктической станцией Халли-Бей в Антарктиде зарегистрировано снижение концентрации озона на 40% в 1985 г. Это явление тогда и получило название озоновой дыры. Весной 1987 г. озоновая дыра над Антарктидой достигла своего максимума и заняла площадь около 7 млн км². Это явление повторилось в 1992 г. над Антарктидой и некоторыми территориями Южной Америки (особенно в Аргентине и Чили). Аналогичная озоновая дыра в 1986 г. была отмечена в Арктике, но размер озоновой дыры здесь были в 2 раза меньше, чем над Антарктидой. В 1993 г. здесь также наблюдалось снижение озонного слоя на 10–40% от среднегодовой нормы. Своеобразные минидыры фиксировались позднее над северными районами Скандинавии и Канады.

Сразу же возникает вопрос, что вызывает образование разреженного слоя озона? В 1974 г. *М. Молина* и *Ш. Роулэнд* из Калифорнийского университета показали, что искусственно синтезированные фторхлоруглероды (фреоны) могут вызывать нарушение озона. Начиная с этого времени техногенная концепция разрушения озонового слоя фреонами стала основной при объяснении феномена «озоновых дыр». Фреоны широко применяются в производстве и быту в качестве хладагентов, различного рода пенообразователей, растворителей в аэрозольных упаковках. Это оказались химически нейтральные соединения, которые не оказывают воздействия на живые организмы, поэтому они начали так широко применяться. Однако, поднимаясь в верхние слои атмосферы, они подвергаются фотохимическому разложению (хлорный каталитический цикл) с образованием окиси хлора, которая в свою очередь интенсивно разрушает озон. В настоящее время содержание фреонов в 4–5 раз превышает естественный фон.

Однако фреоновая модель разрушения озонового слоя несет в себе немало противоречий, как скрытых, так и явных. Например, с позиций техногенно-фреоновой концепции необъяснима удаленность «озоновых дыр» от промышленных центров. Минимальные концентрации озона зафиксированы над Антарктидой, тогда как более 90% населения Земли сосредоточено в Северном полуша-

рии. Сам подъем фреонов, наиболее легкий из которых в 4 раза тяжелее воздуха, от земной поверхности до стратосферы (слоя озона) также представляет определенную проблему. Эти соображения можно подтвердить хотя бы тем, что пока ядерные испытания проводились только в Северном полушарии, в атмосфере Южного их продуктов почти не отмечалось. И если основные объемы техногенного газа – ацетилена – выбрасываются в атмосферу в Северном полушарии, то здесь он в основном и содержится.

В последние годы также установлено, что выбросы сверхзвуковых самолетов тоже могут привести к разрушению примерно 10% озонового слоя атмосферы. Американскими учеными установлено, что только один запуск космического корабля типа Шаттл приводит к «гашению» не менее 10 млн т озона. В Токио в 1995 г. был опубликован доклад международной экологической организации, в котором была сделана попытка установить авторство «озоновых дыр». В списке оказались 25 стран.

Для сохранения озонового пояса Земли существуют как пассивные методы (уменьшение выбросов в атмосферу фреонов, замена их экологически безопасными веществами), так и активные. Это химическое воздействие на стратосферу в районе «озоновой дыры» в Антарктиде с применением газа пропана и этана, которые связывают атомарный хлор, разрушающий озон. И, наконец, самые последние современные методы, которые с помощью электромагнитного излучения, электрических разрядов, лазерного излучения будут способствовать образованию озона.

Литература:

Основная

1. Акимова, Т. А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 566 с.
2. Воронков, Н. А. Экология общая, социальная, прикладная: учебник / Н. А. Воронков. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
3. Коробкин, В. И. Экология: учебник / В. И. Коробкин. Л. В. Передельский. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 601 с.

4. Маврищев, В. В. Основы экологии: учеб. пособие / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.

5. Рамад, Ф. Основы прикладной экологии: воздействие человека на биосферу / Ф. Рамад. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 572 с.

6. Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367с.

Дополнительная

1. Вронский, В. А. Прикладная экология: учеб. пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 512 с.

2. Гричик, В. В. Экология и рациональное природопользование: учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. В. Камлюк, Г. А. Семенюк; под ред. В. В. Гричика. – Минск: БГУ, 2013. – 207 с.

3. Камлюк, Л. В. Глобальная экология: курс лекций / Л. В. Камлюк. – Минск: БГУ, 2004. – 127 с.

4. Коммонер, Б. Замыкающийся круг / Б. Коммонер. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.

5. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.

6. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие / Ю. В. Новиков. – М.: Агентство «ФАИР», 1998. – 320 с.

7. Общая и прикладная экология: учеб. пособие / Г. С. Розенберг [и др.]. – Самара: Тольятти: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2016. – 452 с.

8. Примак, Р. Основы сохранения биоразнообразия / Р. Примак. – М.: Изд-во науч. и учеб.-метод. центра, 2002. – 256 с.

9. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

10. Семенченко, В. П. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / В. П. Семенченко, А. В. Пугачевский // Наука и инновации. – 2006. – № 10. – С. 15–20.

11. Семенченко, В. П. Чужеродные виды беспозвоночных и рыб в речных экосистемах Беларуси: распределение, биологическое загрязнение и воздействия / В. П. Семенченко, В. К. Ризевский // Гидробиол. журн. – 2016. – Т. 52, № 5. – С. 28–44.

12. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

13. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / сост.: А. В. Алехнович [и др.]; под общ. ред. В. П. Семенченко. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 105 с.

14. Ятусевіч, А. І. Слоўнік зоапаразіталагічных тэрмінаў / А. І. Ятусевіч, В. М. Капліч. – Мінск: Навука і тэхніка, 1993. – 292 с.

Практическая часть

Задание. После изучения лекционного материала и литературы ответьте на поставленные вопросы:

1. Перечислите основные глобальные экологические проблемы современности.

2. Дайте определение экологического кризиса и приведите примеры кризисного состояния природных экосистем.

3. Сопоставьте и приведите примеры природного и антропогенного загрязнения атмосферы.

4. Проанализируйте причины и последствия воздействия различного вида смога на здоровье человека.

5. Приведите классификацию по видам загрязняющих веществ **Ф. Рамада** (1984). Назовите 10 самых распространенных загрязнителей биосферы (по данным ООН).

6. В чем суть проблемы «чистой воды» и загрязнения пресных вод и Мирового океана.

7. Проанализируйте воздействие на аборигенную флору и фауну чужеродных инвазивных видов. Существует ли проблема инвазий чужеродных видов в Беларуси?

8. Как возникают кислотные осадки и каково их воздействие на окружающую среду?

9. Сравните различные виды смога, их возникновение и воздействие на состояние здоровья человека.

10. Приведите примеры изменения глобального климата на планете и охарактеризуйте проблему парникового эффекта.

11. В чем заключается проблема сохранения озонового слоя земли и возникновения «озоновых дыр»?

12. Охарактеризуйте современную демографическую ситуацию и рост численности городского населения.

Раздел II. АУТЭКОЛОГИЯ

Занятие 3. Факторы среды и экологическая пластичность

1. Факторы как элементы среды и их специфическое действие на организм.

1.1. Общее понятие о среде обитания.

1.2. Концепция экологических факторов.

2. Принципы классификация экологических факторов.

2.1. Абиотические факторы.

2.2. Биотические факторы.

2.3. Антропогенные факторы.

3. Закономерности действия факторов среды на организм.

3.1. Закон минимума Ю. Либиха.

3.2. Закон ограничивающих факторов Ф. Блэкмана.

3.3. Совместное действие экологических факторов. Закон совокупного действия факторов Э. Митчерлиха–Б. Бауле.

4. Экологическая пластичность или экологическая валентность.

4.1. Пределы толерантности вида (живого организма) по отношению к факторам окружающей среды.

4.2. Понятие пессимума и оптимума. Верхний и нижний предел выживаемости.

4.3. Закон толерантности В. Шелфорда. Стено- и эврибионтные организмы.

5. Основные факторы среды и их воздействие на живые организмы.

5.1. Температура как важнейший фактор окружающей среды. Экологические группы растений и животных по отношению к температуре.

5.2. Характеристика света. Фотопериод. Экологические группы растений и животных по отношению к свету.

5.3. Влажность. Экологические группы растений и животных по отношению к влажности.

Теоретическая часть

Среда обитания. Начинать изучение курса «Экология» следует, прежде всего, с понятия среды обитания и экологических факторов, от которых зависит жизнедеятельность живых организмов.

Среда обитания – это та часть природы, которая окружает организм и прямо или косвенно влияет на его состояние, развитие, рост, выживаемость, размножение, т.е. это та часть природы, с которой он непосредственно взаимодействует, это место жизни группы особей или вида. Составные части и свойства среды многообразны и изменчивы. Каждый организм (живое существо) живет в сложном и меняющемся мире, постоянно приспосабливается к нему и регулирует свою жизнедеятельность в соответствии с изменением условий внешней среды.

Следует обратить внимание на то, что в водной среде различаются такие среды обитания, как морская, речная, озерная, а также можно определить среды с проточной и стоячей водой. В наземно-

воздушной среде можно выделить так называемые «станции» (лат. *statio* – место, положение). Это участок, пространство, характеризующиеся совокупностью условий (рельеф, климат, пища, убежища и т. п.), необходимых для существования данного вида животных. Характерные для вида станции мозаично распределены в пределах видового ареала, поэтому ареал никогда не бывает заселен сплошь.

Итак, среда обитания не нечто постоянное и однообразное, а складывается из множества элементов. При этом одни элементы могут быть жизненно необходимые организму, другие почти и полностью безразличны для него, а третьи оказывают вредное воздействие.

Совокупность необходимых для организма элементов среды, с которыми живой организм находится в неразрывном единстве и без которых не может существовать, и является **экологическими факторами**. В природе эти факторы действуют не изолировано друг от друга, а в виде сложного комплекса. Комплекс экологических факторов, без которых организм не может существовать, и представляет собой *условия существования*, или *условия жизни данного организма*.

Различные организмы по-разному воспринимают и неодинаково реагируют на одни и те же факторы. Кроме того, для организмов каждого вида характерны свои особые условия. Растения и животные пустынь и полупустынь существуют в условиях повышенной температуры и низкой влажности. В тундре обитают растения и животные, чувствительные к недостатку влаги и способные переносить низкие температуры. Жители соленых и пресных вод по-разному воспринимают концентрацию растворенных в воде солей.

Классификация факторов среды. При изучении вопросов, касающихся классификации факторов среды, необходимо отметить, что существуют три основных принципа такого подразделения: по происхождению, периодической направленности (смена времени суток, сезонов, фаз луны и т. п.), характеру воздействия (реакция или потребление).

В основном рассматривается классификация факторов среды по происхождению:

- *абиотические* (факторы неживой природы);
- *биотические* (факторы живой природы);
- *антропогенные* (факторы деятельности человека).

Если в биологической литературе достаточно понятно освещены абиотические и антропогенные факторы, то биотические факторы стоит рассмотреть особо.

Биотические факторы – это все формы воздействия живых существ друг на друга. Каждый организм испытывает на себе прямое или косвенное влияние других, вступает в связь с представителями своего вида и других видов – растениями, животными, микроорганизмами. Эти отношения могут иметь очень большой спектр: от паразитизма до так называемого симбиоза – взаимовыгодного сожительства. Важнейшим биотическим фактором является плотность и связанный с ней так называемый *эффект группы*. При культивировании гидробионтов (рыб) важное значение имеет такой биотический фактор, как разнополовой состав выращиваемой выборки.

Среди разнообразных биотических факторов можно отдельно выделить фитогенные, зоогенные и косвенные трансбиотические взаимодействия.

Фитогенные факторы – влияние растений друг на друга и на окружающую среду. Влияние таких взаимодействий можно рассмотреть на примерах:

1) повреждение ели и сосны в смешанных лесах от охлестывающего действия березы. Раскачиваясь от ветра, тонкие и хлесткие ветви березы ранят кору и хвою ели, сбивают мягкие молодые иглы;

2) в жизни деревьев тропического леса губительным зачастую является разрастание лиан, приводящее к обламыванию ветвей. К тому же, в результате сдавливающего действия их вьющихся стеблей или корней на стволы деревьев, происходит усыхание последних;

3) *эпифитизм*. Растения, живущие на других растениях (на ветвях, стволах деревьев), без связи с почвой называются *эпифитами*, а поселяющиеся на листьях – *эпифиллами*. Примерно 10% всех видов растений ведет эпифитный образ жизни. Особенно богаты ими тропические леса.

К физиологическим контактам относятся такие взаимоотношения между растениями, как паразитизм, симбиоз, срастание корней и др. Наиболее характерный пример прямых физиологических воздействий одного растения на другое – паразитизм;

4) *физиологические контакты*. Например, взаимодействие между клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами и большинством растений семейства бобовых. Бактерии из рода *Rhizobium*, живущие в клубеньках на корнях бобовых (клевер, фасоль, соя, люпин), обеспечиваются пищей (сахара) и местообитанием, а растения получают от них взамен доступную форму азота.

Нередко биотические отношения между растениями приводят к срастанию корней близко растущих древесных пород одного или разных видов. Это явление не столь редкое в природе. К примеру, в густых насаждениях ели *Picea abies* срастаются корнями около 30% всех деревьев. Между сросшимися корнями осуществляется обмен в виде переноса питательных веществ и воды.

Физиологическими контактами следует считать и такой процесс в мире растений, как опыление с помощью ветра – *анемофилия*. В данном случае контактирующие между собой растения могут находиться на значительном расстоянии друг от друга.

Зоогенные факторы – влияние животных друг на друга и на окружающую среду. Действие зоогенных факторов непосредственно в среде животных проявляется в виде паразитизма, хищничества и конкуренции. Большой спектр взаимоотношений животных с растениями называется *фитофагией*. Многие виды активно воздействуют на среду, в частности бобры, которых можно назвать ландшафтообразующими.

Косвенные трансбиотические отношения. Посредником здесь являются животные и микроорганизмы. Всем хорошо известное опыление растений насекомыми получило название *энтомофилии*. Насекомые, участвующие в опылении, переносят пыльцу от одного растения к другому, осуществляя контакты между ними. В процессе опыления могут участвовать также и птицы. Такой процесс называется *орнитофилией*. Известно около 2000 птиц, которые опыляют цветки в поисках нектара или при ловле насекомых, ищущих убежище в их венчиках.

В косвенных трансбиотических взаимоотношениях часто участвуют микроорганизмы. Например, корневая система многих деревьев (дуба, березы, ели) сильно изменяет окружающую почвенную среду (состав, рыхлость, кислотность). Все это создает благоприятные условия для поселения бактерий, которые питаются выделениями корней дуба и органическими остатками. Поселяясь

рядом с корнями дуба, бактерии препятствуют проникновению в корни болезнетворных грибов. Такой барьер создается при помощи антибиотиков, выделяемых бактериями.

Закон минимума Либиха. Чтобы жить и процветать в тех или иных конкретных условиях, организм должен иметь вещества, необходимые ему для роста и размножения. Идея о том, что выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей, впервые была высказана в 1840 г. **Ю. Либихом**, известным немецким ученым, который впервые начал изучать влияние разнообразных факторов на рост растений.

Он установил, что урожай зерна часто лимитируется не теми питательными веществами, которые требуются в больших количествах (двуокись углерода и вода, поскольку эти вещества присутствуют обычно в избытке), а теми, которые необходимы в малых количествах (например, бор), но которых в почве мало. Этот принцип впоследствии получил известность как закон **Ю. Либиха**: «При стационарном состоянии лимитирующим будет то вещество, доступные количества которого наиболее близки к необходимому минимуму».

Закон минимума Либиха можно пояснить на следующих примерах. Пусть в почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например бора или азота. Рост растений на такой почве будет сильно угнетен или вообще невозможен. Если же добавить в почву нужное количество бора (азота), это приведет к увеличению урожая. Но если же вносить любые другие химические соединения и даже в оптимальных сочетаниях, а бор (азот) будет отсутствовать, это не даст никакого эффекта.

Точно также если кислотность (рН) почвы отклоняется от оптимума, например, для озимой ржи, то никакие агротехнические мероприятия, кроме снижающего кислотность известкования, не помогут существенно увеличить урожайность этой культуры.

Закон толерантности Шелфорда. Лимитирующим может быть не только недостаток, но и избыток фактора, например, гибель урожая из-за дождей, перенасыщение почвы удобрениями и т.п. Понятие о том, что наравне с минимумом лимитирующим фактором может быть и максимум, ввел американский зоолог **В. Шелфорд** (1913). Изучая различное лимитирующее действие экологиче-

ских факторов на насекомых, он пришел к выводу, что лимитирующим может быть и избыток таких факторов, как свет, тепло, вода, сформулировав такое положение в 1913 г. в виде закона: «Лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору».

Закон Митчерлиха – Бауле. Нужно особо отметить, что в природе факторы среды действуют на организм одновременно и не в виде простой суммы, а как сложно взаимодействующее соотношение. Поэтому оптимум и границы выносливости организма по отношению к какому-то одному фактору зависят от воздействия других факторов. Например, при оптимальной температуре возрастает выносливость к неблагоприятной влажности, недостатку питания. С другой стороны, обилие пищи увеличивает устойчивость организма к изменениям нескольких климатических факторов. Однако эта так называемая «компенсация» факторов ограничена, и ни один из них не может быть полностью заменен другим.

Часто действие одного фактора зависит от уровня выраженности других факторов. В 1909 г. немецкий агроном и физиолог *А. Митчерлих* показал, что «величина урожая зависит от совокупности одновременно действующих факторов», что нашло выражение в *законе эффективности факторов*. В 1918 г. *Б. Бауле* закон переименовал в *закон совокупности (совместного) действия факторов*, который затем получает окончательное название *закон Митчерлиха – Бауле*: «Успех вида в окружающей среде зависит от взаимодействия факторов».

Например, повышенная температура способствует ускорению испарения влаги, снижение освещенности обуславливает снижение потребностей растений в содержании цинка в почве, животные труднее переносят высокие температуры при большой влажности.

Закон ограничивающих (лимитирующих) факторов Блэкмана. Изучив приведенные законы, сделаем вывод, что при совокупном давлении среды выделяются факторы, которые сильнее всего ограничивают жизнедеятельность организма и имеют ключевое значение в жизнедеятельности живых организмов. Это так называемые ограничивающие факторы, т. е. это фактор, уровень которого (недостаток или избыток) оказывается близким к преде-

лам выносливости данного организма. Именно ограничивающие факторы и определяют ареал (местообитание) видов. Эту закономерность формулирует закон, установленный **Ф. Блэкманом** в 1909 г.: «Если хотя бы один из факторов среды выходит за пределы выносливости (толерантности) вида, то существование последнего становится невозможным, как бы ни были благоприятны остальные условия».

Внимательно изучив закон ограничивающих факторов, сделаем вывод, что он имеет большое практическое значение. Выявление ограничивающих факторов особенно важно в практике сельского и рыбного хозяйства, в аквакультуре, так как, направив основные усилия на их устранение, можно более эффективно повысить продуктивность животных или урожайность растений.

Агротехническим приемом можно изменить состояние среды, снять или ослабить действие ограничивающего фактора, что дает возможность повысить урожай, качество продукции. В водной среде в зависимости от ее глубины им является свет, концентрация кислорода, рН, а жизнедеятельность наземных растений чаще всего лимитируется температурным фактором. Например, урожай плодово-ягодных культур лимитируется погодным режимом, при котором массовое развитие получают вредители и возбудители болезней, например, фитофтора. Урожай абрикоса в Беларуси лимитируется весенними заморозками всего в $-1...-2^{\circ}\text{C}$ во время цветения, хотя абрикос способен в состоянии покоя переносить морозы до $-25...-28^{\circ}\text{C}$.

Именно ограничивающие факторы среды и определяют ареал (местообитание) вида. Например, лось в Скандинавии встречается значительно севернее, чем в Сибири, хотя здесь среднегодовые температуры выше. Причина – низкие зимние температуры, которых лось не выносит. Рифообразующие кораллы обитают только в тропиках при температуре воды не ниже $+20^{\circ}\text{C}$. Такое же циркумтропическое распространение характерно для гигантской пресноводной креветки. Не так давно было установлено, что распространение лекарственного растения аконита сдерживается шмелями, которые только и могут опылять это растение. В Великобритании долгое время интродуцировали бабочку голубянку и все неудачно, а потом оказалось, что основным пищевым растением для этой бабочки служит один вид щавеля.

При изучении этого раздела следует подчеркнуть, что один и тот же фактор для одного вида на одной стадии жизненного цикла выступает в качестве ограничивающего, а на другой – нет. Например, при выращивании в аквакультуре для личинок гигантской пресноводной креветки требуется соленость 12 ‰, а для взрослых особей этот фактор уже не является лимитирующим.

Заканчивая рассмотрение приведенных законов, объединив идею минимума и концепцию пределов толерантности, получим более общую и полезную концепцию лимитирующих факторов. В природе жизнедеятельность организмов зависит:

- от содержания необходимых веществ;
- состояния критических физических факторов;
- диапазона толерантности самих организмов к этим и другим компонентам среды.

Это дает экологу отправную точку при исследовании сложных ситуаций. Грамотный эколог обычно может выделить проблемные места и начать с изучения тех условий среды, которые с наибольшей вероятностью могут оказаться критическими или лимитирующими и функционально наиболее важны для живого организма.

Температура как важнейший абиотический фактор среды. Рассмотрим характер воздействия и основные закономерности воздействия температуры на живые организмы. Одним из наиболее важных факторов, определяющих существование, развитие и распространение организмов по нашей планете, является температура. Как известно, любой организм способен жить в пределах определенного диапазона температур. Область распространения живого на нашей планете в основном ограничена областью чуть ниже 0°C и до +50°C.

Хотя имеется ряд организмов среди животных и растений, которые переносят довольно экстремальные температуры. Например, в горячих источниках живут некоторые бактерии и сине-зеленые водоросли при температуре выше +85°C, некоторые ракообразные при температуре +55°C. В Антарктиде некоторые клещи выдерживают ночью температуру до –10°C. В Якутии некоторые кустарники переносят зимнюю температуру до –50°C. Примером исключительной стойкости может служить моллюск *Hydrobia*, который живет в горячих источниках, но может существовать и при 0°C.

Растения не имеют собственной температуры тела и по отношению к тепловому фактору обладают определенной спецификой. Их анатомо-морфологические и физиологические механизмы терморегуляции направлены на защиту организма от воздействия неблагоприятных температур. Например, у стланцевых форм карликовой березы, ели, можжевельника и кедровника верхние ветви, поднимающиеся высоко над землей, обычно всегда полусухие или сухие, а стелющиеся – живые, так как зимуют под снегом и не подвергаются воздействию низкой температуры. Наибольшее значение для терморегуляции морозоустойчивых растений имеет накопление в клетках сахара и других веществ, увеличивающих концентрацию клеточного сока и снижающих обводненность.

В зоне высоких температур при пониженной влажности (тропические и субтропические пустыни) сформировался своеобразный морфологический тип растительности с незначительной листовой поверхностью или полным отсутствием листьев (саксаул). В пустыне Намиб это нара, кокербом (колчанное дерево с дихотомической кроной).

Температура среды оказывает существенное формообразующее влияние на животных. Под действием теплового фактора у них формируются такие морфологические признаки, как отражательная поверхность тела, пуховой, перьевого и шерстяного покрова у птиц и млекопитающих, жировые отложения.

В Арктике и высоко в горах большинство насекомых, как правило, имеет темную окраску. Это способствует усиленному поглощению солнечных лучей. Насекомые, например, подвергающиеся длительному воздействию яркого солнечного света, часто вырабатывают светлую окраску тела, которая, как известно, отражает лучи света.

Рассматривая отношение к температуре животных, необходимо остановиться на важнейшей физиологической реакции животных – теплообмене. У животных наблюдаются два основных типа теплообмена. Один характерен для животных с неустойчивым уровнем обмена, непостоянной температурой тела и почти полным отсутствием механизмов терморегуляции. Температура их тела зависит от температуры окружающей среды и изменяется вместе с ней. Это так называемые *пойкилотермные животные* – абсолютное большинство животных, кроме млекопитающих и птиц.

Для пойкилотермных животных особенно сложно противостоять недостатку тепла. В известных пределах пойкилотермные животные способны регулировать поступление в свое тело наружного тепла: перемена позы (усиление или ослабление солнечной радиации, утром саранча подставляет лучам солнца широкую боковую поверхность тела), активный поиск тепла, смена мест обитания (в жару некоторые ящерицы и змеи забираются в кусты, в норы).

К зиме многие животные ищут убежища от морозов (земноводные, пресмыкающиеся). С понижением температуры среды все процессы жизнедеятельности замирают, и эти животные впадают в оцепенение. В таком состоянии они обладают очень высокой холодоустойчивостью, и весной, чтобы перейти к активности, земноводные и пресмыкающиеся должны получить определенное количество тепла извне, т. е. прогреться на солнце.

Однако, несмотря на кажущуюся пассивность в зависимости от температуры тела пойкилотермных животных от теплового режима, у многих из них обнаруживаются, хотя и примитивные, механизмы терморегуляции. Так, у ряда летающих насекомых при интенсивной мышечной работе она повышается до $+15^{\circ}\text{C}$ выше температуры окружающей среды (у летящей азиатской саранчи до $+30...+37^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха $+17...+20^{\circ}\text{C}$). В муравейнике в результате большого скопления температура поддерживается на уровне $+34...+35^{\circ}\text{C}$.

Напротив, *гомойотермные животные* отличаются настолько эффективной регуляцией поступления и отдачи тепла, что это позволяет им поддерживать постоянную оптимальную температуру тела во все времена года.

Какие же механизмы терморегуляции существуют:

1) *химическая терморегуляция*, обусловленная интенсивностью физиологических процессов. При понижении температуры обменные процессы возрастают и наоборот;

2) *физическая терморегуляция*. Это теплоизолирующие покровы – жировой слой (равномерное распределение у северных и отдельных частях тела у южных видов), меховой, перьевой и пуховой покровы, линьки. У животных жаркого климата такой жировой чулок как у животных холодного климата привел бы к смерти, поэтому жир у них запасается локально. Способность потоотделения в жару (человек в жару способен выделить 12 л пота), испарение во-

ды через слизистые полости рта (у собаки частота дыхания в жару доходит до 300–400 вдохов в минуту);

3) *изменение поведения*. Например, групповое поведение миграции, устройство убежищ, гнезд, нор, зимовки в снегу у тетеревиных и т. п.

Здесь же необходимо отметить частный случай гомойотермии – *гетеротермность*. Разный уровень температуры тела у гетеротермных организмов зависит от их функциональной активности. В период активности они обладают постоянной температурой тела, а в период отдыха или зимней спячки она значительно понижается. Гетеротермность характерна для сусликов, сурков, барсуков, летучих мышей, ежей, медведей, колибри и др.

Сумма эффективных температур. Для характеристики теплообмена пойкилотермных организмов необходимо обратить внимание на такой важный показатель, как *сумма эффективных температур*. Для осуществления генетической программы развития пойкилотермным организмам необходимо получить извне определенное количество тепла. Это тепло измеряется суммой эффективных температур. Под эффективной температурой понимают разницу между температурой среды и температурным порогом развития организмов. Для каждого вида она имеет верхние пределы, так как слишком высокие температуры уже не стимулируют, а тормозят развитие.

И порог развития, и сумма эффективных температур для каждого вида свои. Они зависят от исторической приспособленности вида к условиям жизни. Для семян растений умеренного климата, например гороха, клевера, порог развития низкий: их прорастание начинается при температуре почвы от 0 до +1°C; более южные культуры – кукуруза и просо – начинают прорастать только при +8...+10°C, а семенам финиковой пальмы для начала развития нужно прогревание почвы до +30°C.

Сумму эффективных температур рассчитывают по формуле:

$$X = (T - C) \cdot t,$$

где X – сумма эффективных температур, °C; T – температура окружающей среды; C – температура порога развития; t – число часов или дней с температурой, превышающей порог развития.

Отсюда следует: *зная средний ход температур в каком-либо*

районе, можно рассчитать появление определенной фазы или число возможных генераций интересующего нас вида. Так, в климатических условиях Беларуси может появиться лишь одна генерация бабочки яблонной плодовой жоржки, а на Украине – до трех, что необходимо учитывать при разработке мер защиты садов от вредителей. Сроки цветения растений зависят от того, за какой период они набирают сумму необходимых температур. Для зацветания мать-и-мачехи в Витебской области сумма эффективных температур равна 77°C, кислицы – 453°C, земляники – 500°C, а желтой акации – 700°C.

Сумма эффективных температур, которую нужно набрать для завершения жизненного цикла, часто ограничивает географическое распространение видов. Например, северная граница древесной растительности приблизительно совпадает с июльскими изотермами +10...+12°C. Севернее уже не хватает тепла для развития деревьев, и зона лесов сменяется безлесными тундрами.

Расчеты эффективных температур необходимы в практике сельского, лесного хозяйства, при защите от вредителей, интродукции новых видов и т.п. Они дают первую, приближенную основу.

Литература:

Основная

1. Гричик, В. В. Экология и рациональное природопользование: учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. В. Камлюк, Г. А. Семенюк. – Минск: БГУ, 2013. – 207 с.
2. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.
3. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
4. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
5. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяції и сообщества в 2 т. Т. 1 / М. Бигон, Дж. Харпер., К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
2. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Изд-во МСЭ, 1989. – 408 с.
3. Измеров, Н. Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов. – М.: Медицина, 2003. – 560 с.
4. Керженцев, А. С. Функциональная экология / А. С. Керженцев. – М.: Наука, 2006. – 259 с.
5. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.
6. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.
7. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.
8. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

Практическая часть

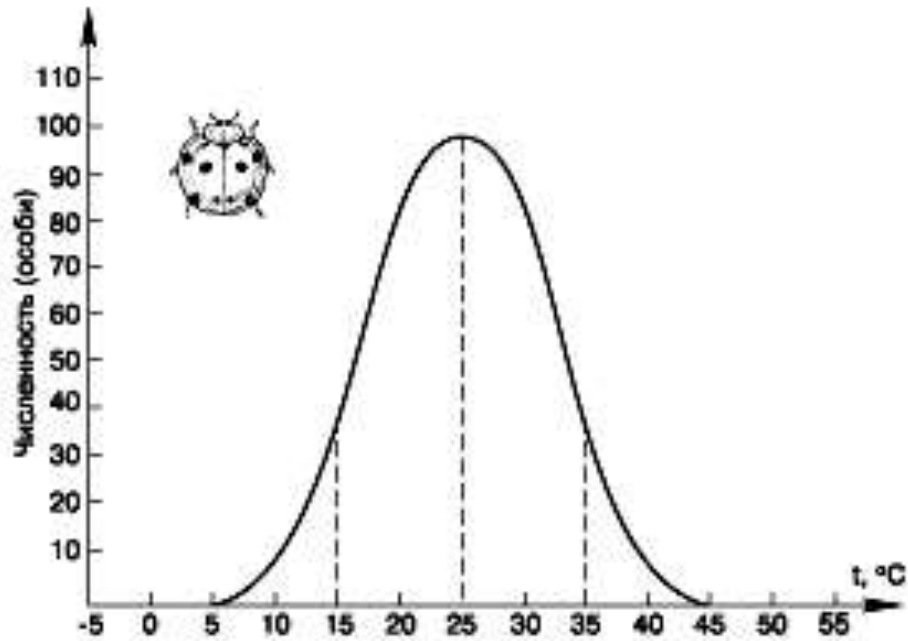
Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала заполните таблицу о факторах окружающей среды.

Абиотические факторы	Биотические факторы	Антропогенные факторы
Климатические Эдафические Орографические Гидрографические Химические Пирогенные	Формы взаимосвязей организмов	Прямые Косвенные

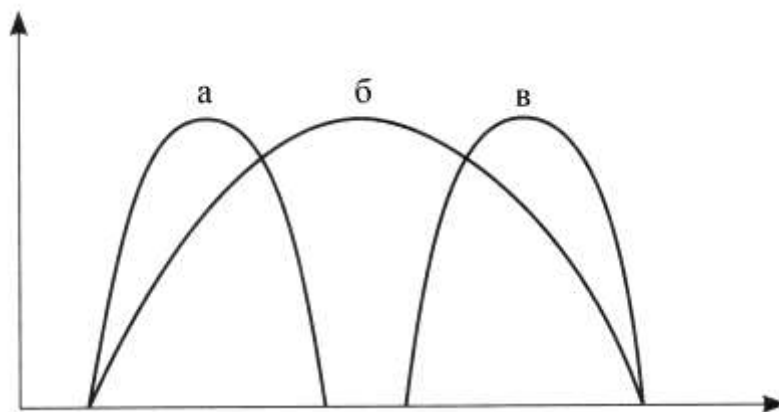
Задание 2

Подпишите рисунок, обозначьте границы оптимума, пессимума, пороговые значения и интервал толерантности для организма.



Задание 3

Подпишите рисунок, обозначьте шкалы и выделите эврибионтные и стенобионтные организмы.



Задание 4

Допишите термины, характеризующие толерантность живых организмов к факторам среды:

а) по отношению к солености:

стено..... и эври.....;

б) по отношению к температуре:

стено..... и эври.....;

в) по отношению к свету:

стено..... и эври.....;

г) по отношению к пище:

стено..... и эври.....;

д) по отношению к целому комплексу факторов среды:

стено.....и эври.....

Задание 5

Укажите значение фотопериода как фундаментального сигнального фактора в умеренной зоне для таксонов:

Деревьев	Насекомых	Земноводных и рептилий	Птиц	Млекопитающих

Задание 6

1. Приведите определение среды обитания и рассмотрите роль экологических факторов в ее функционировании.

2. Дайте классификацию факторов среды и их характеристику.

3. Приведите рисунок и укажите интервалы оптимума, пессимума, границы толерантности вида или организма к какому-либо абиотическому фактору.

4. Рассмотрите комплексное воздействие факторов среды на живые организмы и дайте трактовку законов, характеризующих этот процесс.

5. Охарактеризуйте экологические группы живых организмов по отношению к температуре.

6. Выделите экологические группы животных и особенности их функционирования по отношению к теплообмену.

7. Рассмотрите световой фактор и его особую роль для наземных растений, фитопланктона и отметьте морфологические особенности экологических групп растений по отношению к свету.

8. Укажите роль фотопериода как сигнального фактора, влияющего на жизненные циклы животных и растений.

9. Рассмотрите значение влажности для наземных организмов и выделите экологические группы растений и животных по отношению к влажности.

10. Законы функционирования системы организм – среда. Выясняя особенности взаимодействия организмов со средой обитания, сопоставьте ряд закономерностей, которые иллюстрируют совокупные условия существования организмов при изменчивости факторов среды.

Занятие 4. Экологические особенности сред жизни живых организмов

1. Водная среда.

1.1. Общая характеристика гидросферы.

1.2. Экологические факторы водной среды и их значение для жизнедеятельности гидробионтов.

1.3. Адаптивные приспособления растений и животных к жизни в водной среде.

1.4. Экологические группы гидробионтов.

2. Наземно-воздушная среда.

2.1. Физико-химическая специфика среды.

2.2. Разнородность и основные экологические факторы наземно-воздушной среды.

2.3. Роль климата, атмосферных осадков и приспособительные адаптации у наземных организмов.

3. Почвенная среда.

3.1. Физико-химические и биологические особенности почвенного профиля.

3.2. Почвенные горизонты и их насыщенность жизнью.

3.3. Роль почвы в жизнедеятельности живых организмов и экологические группы обитателей почвы.

3.4. Сравнительная характеристика абиотических сред жизни.

4. Живые организмы как среда обитания.

4.1. Живой организм как среда обитания паразитов.

4.2. Экологическая пластичность, адаптации и классификация паразитов.

4.3. Паразитические особенности растений и грибов.

Теоретическая часть

Изучение сред жизни целесообразно начинать с *водной среды*, поскольку она является средой, где возникли первые живые организмы, т. е. самой первой и самой древней.

Необходимо сразу же подчеркнуть, что на современной Земле четко выделяются четыре среды жизни.

Итак, первой средой жизни, как известно, стала вода. Именно в ней возникли живые организмы. Начался бурный процесс роста и развития жизни в воде, но ограниченность водной среды начала сдерживать развитие жизни в воде. Гидробионты вынуждены были освоить новую среду жизни (вторую) – *наземно-воздушную*. В результате появились наземные растения и животные, которые бурно эволюционировали, приспособляясь к новым условиям обитания.

В процессе развития живых организмов из скальных и базальтовых пород с помощью бактерий начала образовываться *почва* – третья среда жизни. Почву стали заселять как водные, так и наземные организмы, создавая специфический комплекс ее обитателей.

По всей видимости, в процессе жизнедеятельности между живыми организмами возникли биотические отношения, из которых самым распространенным стало явление паразитизма. Возникла четвертая среда жизни – *сами живые организмы*.

Водная среда жизни. Сравним спектр различных состояний водной среды на нашей планете. Водная среда жизни – гидросфера занимает до 71% площади земного шара. По *М. И. Львовичу* (1986), основное количество воды (около 94%), сосредоточено в морях и океанах, примерно 1,6% занимают льды полярных областей, 4% занимают подземные водооток, и только пресная вода составляет менее 0,5%.

В водной среде обитает около 150 000 видов животных и до 10 000 видов растений. Наиболее разнообразен и богат растительный и животный мир морей и океанов экваториальных областей и тропических зон (особенно Атлантического и Тихого океанов). На юг и север от этих поясов качественный состав гидробионтов постепенно обедняется. Причем основная масса организмов Мирового океана сосредоточена в сравнительно небольшой по площади зоне морских побережий умеренного пояса и среди мангровых за-

рослей тропиков. На обширных акваториях вдали от берегов расположены пустынные области, где очень мало живых организмов.

В водной среде большое влияние на жизнедеятельность гидробионтов оказывают *факторы среды*, поэтому на них следует обратить особое внимание:

– важнейшим абиотическим фактором водной среды является *температура*, которая коренным образом отличается от других сред. Колебания температур в Мировом океане сравнительно невелики – самая высокая приблизительно $+36^{\circ}\text{C}$. С глубиной температура воды в океане падает и на глубине около 1000 м она уже не превышает $+4\dots+5^{\circ}\text{C}$. Ниже этой глубины она доходит не более чем до -2°C . В пресных водоемах этот диапазон изменения температуры примерно такой же, только нижняя температура не опускается ниже $+0,9^{\circ}\text{C}$. Поскольку температурный режим водоемов характеризуется большой стабильностью, то водные организмы отличаются относительным постоянством температуры тела и приспособленностью к такому температурному режиму;

– *свет*. Световой режим водоемов зависит от сезона года. Интенсивность закономерно убывает с глубиной. Цвет воды при этом меняется, постепенно переходя от светло-зеленого к темно-зеленому, затем к голубому, синему и на глубине к фиолетовому. Соответственно этому водные организмы имеют и определенные приспособления. С глубиной зеленые водоросли сменяются бурыми, бурые красными, пигменты, которых приспособились к улавливанию такой интенсивности света. Также закономерно меняется и окраска животных. В поверхностных слоях воды обычно обитают яркоокрашенные животные (своеобразное приспособление к среде). В сумеречной зоне обитают животные, окрашенные в цвета с красноватым оттенком, что помогает им скрываться от врагов, так как на такой глубине этот оттенок воспринимается как черный;

– *насыщение воды кислородом*. Это важнейший экологический фактор для водной среды. Накопление растворенного в воде кислорода происходит в результате поступления его из атмосферы, а также вследствие фотосинтетической деятельности зеленых растений. В зависимости от концентрации кислорода в водной среде обитают различные группировки водных организмов. В быстротекучих холодных водах с большим содержанием кислоро-

да обитают животные, чувствительные к его дефициту: форель, хариус. На большой глубине или в заиленных водоемах обитают уже другие животные: трубочники, личинки хирономид, вьюны и т. д.;

– *концентрация водородных ионов (рН)*. Пресноводные бассейны с рН 3,7–5,0 считаются кислыми, морские воды с рН больше 7,8 – щелочными. Морские гидробионты очень чувствительны к изменению рН, пресноводные виды живут в интервале рН от 5 до 9;

– *соленость*. Количество растворенных солей выражается в промилле (1тг соли/1л = 1‰). Средняя соленость Мирового океана около 33‰. Все морские виды очень чувствительны к изменению солености. Соленость пресных вод около 0,5‰;

– *прозрачность*. Особенно она сказывается на распространении фотосинтезирующих растений. Чем более прозрачные воды, тем они богаче жизнью: больше зеленых растений и, следовательно, животных. Самое прозрачное место в Мировом океане – Саргассово море (около 70 м).

Характерной чертой водной среды является ее подвижность, даже в стоячих водоемах, не говоря уже о проточных водоемах, быстротекущих реках и ручьях. В морях и океанах наблюдаются приливы и отливы, мощные течения, штормы, в озерах вода перемешивается ветром и под действием температуры. В соответствии к этому обитатели водной среды выработали своеобразные приспособления.

Изучив действие абиотических факторов в водной среде, следует сделать важный вывод: водные организмы обладают меньшей экологической пластичностью, чем наземные, потому что факторы водной среды менее динамичны и более стабильны. Наименее пластичны морские растения и животные. Они очень чувствительны к изменениям солености и температуры воды. Например, мадрепоровые кораллы не выдерживают даже слабого опреснения и обитают только в морях, притом на твердом грунте при температуре не ниже 20°C. У пресноводных организмов, как правило, диапазон толерантности более широк, чем у морских, так как пресная среда жизни более изменчива.

Поскольку экологические группировки гидробионтов достаточно хорошо известны и освещены в литературе, то следует

остановиться на адаптивных особенностях водных растений и специфических адаптациях водных животных.

Адаптивные особенности водных растений. Водные растения очень специфичны и существенно отличаются от наземных:

1) для водных растений характерно слабое развитие проводящих тканей и корневой системы. Корни служат в основном для прикрепления к субстрату;

2) питание осуществляется всей поверхностью тела;

3) отсутствие жесткого скелета;

4) разнолистность. Плавающие и погруженные в воду листья существенно различаются морфологически;

5) водные растения покрыты слизью, которая защищает из от вымывания минеральных веществ.

Специфические приспособления водных организмов:

– *ориентация на звук.* 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. 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. Звуковая сигнализация служит чаще всего для внутривидовых отношений, например, для ориентации в стае;

– *эхолокация.* Ряд гидробионтов отыскивает пищу и ориентируется при помощи эхолокации – восприятию отраженных звуковых волн (китообразные). Многие воспринимают отраженные электрические импульсы, производя при плавании разряды разной частоты;

– *генерирование электричества.* 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 кормовых беспозвоночных. Ряд рыб использует электрические поля также для защиты и нападения (электрический скат, угорь);

– но наиболее древний способ ориентации, свойственный всем водным животным, – *восприятие химизма среды.* В тысячекилометровых миграциях, которые характерны для многих видов рыб,

они ориентируются в основном по запахам, с поразительной точностью находя места нерестилищ или нагула (угорь и Саргассово море). Лососи искусственно лишенные обоняния не находили устья реки, возвращаясь на нерест, но никогда не ошибались, если могли воспринимать запахи.

Наземно-воздушная среда. Наземно-воздушная среда была освоена в ходе эволюции значительно позднее, чем водная. Особенностью наземно-воздушной среды является то, что организмы, обитающие здесь, окружены воздухом – газообразной средой с низкой плотностью, влажностью, давлением и высоким содержанием кислорода. Это сильно изменяет условия дыхания, водообмена и передвижения живых существ. Абсолютное большинство животных в этой среде передвигается по твердому субстрату – почве, а растения укореняются в ней.

Действующие в наземно-воздушной среде экологические факторы отличаются рядом специфических особенностей: свет здесь сравнительно с другими средами интенсивнее, колебания температуры имеют весьма широкую амплитуду, влажность значительно изменяется в зависимости от географического положения, сезона и даже времени суток. Воздействие почти всех этих факторов тесно связано с движением воздушных масс – ветра.

Так же, как и для водной среды жизни, сравним и проанализируем действие абиотических факторов в наземно-воздушной среде жизни и особенности их воздействия на наземных растений и животных:

1) *воздух*. Газовый состав воздуха характеризуется постоянством: 78% азота, 21% кислорода, 0,9% аргона, 0,03% углекислого газа и других газов в меньших пропорциях.

Обитатели воздушной среды должны обладать собственной опорной системой, поддерживающей тело: растения – разнообразными механическими тканями, животные – твердым скелетом. Малая плотность воздуха обуславливает низкую сопротивляемость передвижению. Поэтому многие наземные животные использовали в ходе эволюции экологические выгоды этого свойства среды, приобретя способность к полету. К активному полету способны 75% видов всех наземных животных, преимущественно это насекомые и птицы, но встречаются летуны и среди млекопитающих.

Воздушные потоки выполняют определенную роль в расселении растений и животных. У многих видов поэтому развита *анемохория* – расселение с помощью воздушных потоков, а также *анемофилия* – древнейший способ опыления растений. Ветром опыляются все голосеменные, а среди покрытосеменных анемофильные растения составляют примерно 10% всех видов.

Сильные ветры, ураганы также оказывают существенное экологическое воздействие на наземные организмы. На многих океанических островах преобладают бескрылые формы насекомых, поскольку тех, кто способен подняться в воздух, сносит ветром в море;

2) *дефицит влаги* – одна из наиболее существенных особенностей наземно-воздушной среды жизни. Вся эволюция наземных организмов шла под знаком приспособления к добыванию и сохранению влаги. Режимы влажности среды на суше очень разнообразны – от полного и постоянного насыщения воздуха водяными парами в некоторых районах тропиков до практически полного их отсутствия в сухом воздухе пустынь. Водообеспечение наземных организмов зависит также от режима выпадения осадков, наличия водоемов, запасов почвенной влаги. Это привело к развитию у наземных организмов множества адаптаций к различным режимам влажности;

3) *большой размах температурных колебаний* – следующая отличительная черта этой среды. В большинстве районов суши суточные и годовые амплитуды температур составляют десятки градусов. Условия жизни в наземно-воздушной среде осложняются, кроме того, существованием и погодных изменений;

4) *погода* или *климат местности*. Погода – в сущности, это непрерывно меняющееся состояние атмосферы у земной поверхности, до высоты примерно 20 км, и проявляется она в постоянном варьировании сочетания таких факторов среды, как температура, влажность воздуха, облачность, осадки, сила и направление ветра. Для погодных условий свойственно их закономерное чередование в годовом цикле (весна, лето, осень, зима – в умеренной зоне, в тропиках – сухой сезон и сезон дождей). В целом, режим погоды характеризует *климат местности*, который определяется, кроме того, еще и географическими условиями района. Для большинства наземных организмов, особенно мелких, важен не столько климат

района, сколько условия их непосредственного местообитания. Очень часто местные элементы среды так изменяют в конкретном участке режим температуры, влажности, света, движения воздуха, что он значительно отличается от климатических условий местности. Такие локальные модификации климата называют микроклиматом (луг и лес, опушка леса, пашня, южная часть склона). Вот этот микроклимат и важен для обитателей наземно-воздушной среды;

5) *осадки* (дождь, снег, град, иней), помимо водообеспечения и создания запасов влаги, могут играть и другую экологическую роль. Большое значение имеют сроки выпадения дождей, их частота и продолжительность. Обилие дождей в период похолодания практически не дает растениям необходимой влаги. Летом же при сравнительно высокой температуре даже незначительные осадки обеспечивают их нужным количеством воды. Сильные ливневые дожди оказывают чисто механическое воздействие, смывая из верхнего слоя почвы их обитателей. Все знают, какое действие оказывает град.

В этом отношении важно уяснить и проанализировать с экологических позиций роль снегового покрова. Детально роль снегового покрова была исследована *А. Н. Формозовым* (1946). Он показал, что снег выступает как хороший теплоизолятор, который защищает почву, растительность и большинство мелких животных от воздействия низкой температуры. Суточные колебания температур характерны для слоя снега толщиной примерно 20–25 см. Глубже температура существенно не изменяется. Мелкие наземные зверьки и зимой ведут активный образ жизни, прокладывая под снегом и в его толще целые галереи ходов. Для ряда видов, питающихся подснежной растительностью, характерно даже размножение в зимний период (лемминги, некоторые виды мышей). Тетеревиные птицы – рябчики, тетерева, тундровые куропатки – зарываются в снег на ночевку.

Однако крупным животным снеговой покров мешает добывать пищу. Многие копытные (северные олени, кабаны, овцебыки) питаются зимой исключительно подснежной растительностью, и глубокий снежный покров, а также гололед обрекает их на бескормицу. В малоснежные зимы при сильных ветрах, когда снег сдувается с открытых пространств от низких температур страдают

не только животные, но и растения. При оттепелях на поверхности снега образуется наст – уплотненный снеговой покров. Это уменьшает его защитные свойства, кроме того, ледяная корка на снегу так же, как и гололедица, может вызвать удушение растений.

К зиме у растений и животных возникают своеобразные приспособления. Например, у растений изменяется состав клеточного сока, у животных увеличивается опорная поверхность ног, которые более интенсивно обрастают жесткими волосами, роговыми щитками, изменяется цвет шерсти.

Почвенная среда. Знакомясь с почвенной средой жизни, необходимо обратить внимание на своеобразие этой среды жизни, которая занимает промежуточное положение между водной и наземно-воздушной средами.

Почва как среда жизни обладает специфическими физическими свойствами. 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, поэтому в ней складываются чрезвычайно разнообразные условия, благоприятные для жизни живых организмов. В почве сглажены температурные колебания по сравнению с приземным слоем воздуха, а наличие грунтовых вод и проникновение осадков создают запасы влаги и обеспечивают устойчивый режим влажности.

Важную роль в росте и развитии растений играет органическое вещество почвы – *перегной* или *гумус*, состоящий из продуктов гумификации (аэробное разложение), неполного разложения растительных остатков и трупов почвенных животных. Гумус служит источником физиологически активных соединений (витамины, органические кислоты), которые стимулируют рост растений, обуславливает плодородие почв и ее структуру. Процессы минерализации свежих органических веществ и перегноя обеспечивают поступление в почву таких важнейших веществ, необходимых для питания растений, как фосфор, азот, калий и многие другие. В почвенной влаге содержатся газы, растворимые соли, питательные вещества, а иногда и токсичные для ряда организмов.

Все это определяет большую насыщенность почвы жизнью. В среднем на 1 м² почвенного слоя приходится более 100 млрд клеток простейших, миллионы коловраток и тихоходок, десятки миллионов нематод, десятки и сотни тысяч клещей и коллембол, десятки тысяч энхитреид, сотни дождевых червей, моллюсков и прочих беспозвоночных. В освещенных поверхностных слоях 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.

Проведем сравнительный анализ экологических групп почвенных организмов по двум отличительным направлениям – связи с почвой как средой жизни и функциональной роли обитателей почвы в почвообразовательных процессах.

Геобионты – постоянные обитатели почвы. Весь цикл их развития протекает в почвенной среде (дождевые черви).

Геофилы – животные, часть цикла развития которых, чаще одна из фаз, обязательно проходит в почве. К ним принадлежит большинство насекомых (саранчовые, ряд жуков, куколки насекомых).

Геоксены – животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища (млекопитающие, живущие в норах, грызуны, жуки).

Однако эта классификация не отражает роли животных в почвообразовательных процессах, поскольку в каждой группе есть организмы как активно передвигающиеся и питающиеся в почве, так и пассивные, которые пребывают в почве в период отдельных фаз развития (личинки, куколки или яйца насекомых). Поэтому почвенных обитателей можно разделить на экологические группы, исходя из их размеров и степени подвижности. Выделяют четыре таких группы:

– *микрофауна*, или *микробиота*. Это почвенные микроорганизмы (*простейшие, коловратки, нематоды*). Почва – это система микроводоемов. По существу, это водные организмы, живущие в почвенных порах, заполненных водой. Многие из этих видов обитают и в обычных водоемах, но почвенные организмы намного мельче пресноводных;

– *мезофауна*. Сравнительно мелкие (меньше 2–3 мм) дышащие воздухом организмы (мелкие личинки насекомых, клещи, коллемболы). У этих животных нет приспособлений к рытью, они ползают по стенкам почвенных полостей. Периоды затопления почвы водой представители мезофауны переживают в пузырьках воздуха, которые служат для них своеобразной «физической» жаброй. Дыхание осуществляется за счет кислорода, диффундирующего в воздушную прослойку из окружающей среды;

– *макрофауна*. Это более крупные почвенные организмы, с размерами тела от 2 до 20 мм (личинки насекомых, многоножки, дождевые черви). Для них почва – плотная среда, оказывающая значительное механическое сопротивление при движении. Эти относительно крупные формы передвигаются в почве, либо расширяя естественные скважины, либо роя новые ходы. Дыхание большинства видов этой экологической группы осуществляется при помощи специализированных органов, но наряду с этим дополняется газообменом через покровы тела. Роющие животные могут уходить из слоев, где возникает неблагоприятная обстановка;

– *мегафауна*. Крупные землерои, в основном из числа млекопитающих. Ряд видов проводит в почве всю жизнь (слепыши, кроты, сумчатые кроты Австралии). Они прокладывают в почве целые системы ходов. Внешний облик и анатомические особенности этих животных отражают их приспособленность к роющему образу жизни. Кроме постоянных обитателей почвы, среди крупных животных можно выделить большую экологическую группу обитателей нор (суслики, сурки, тушканчики, кролики, барсуки).

Таким образом, по целому ряду экологических особенностей почва является средой, промежуточной между водной и наземной. С водной средой почву сближает ее температурный режим, пониженное содержание кислорода в почвенном воздухе, наличие воды в других формах, присутствие солей и органических веществ в почвенных растворах. С воздушной средой почву сближает наличие почвенного воздуха, угроза иссушения в верхних горизонтах, довольно резкие изменения температурного режима поверхностных слоев.

Живые организмы как среда обитания. Живой организм может служить средой обитания для паразитов и других организ-

мов, которые поселяются на теле или внутри тела другого организма. **Паразитизм** (гр. *para* – около, возле + *sitos* – нахлебник, дармоед) – одна их форм *симбиоза* – совместного проживания, при котором один вид паразит использует другой (хозяина) как среду жизни и источник пищи. Такое явление как паразитизм встречается на всех уровнях живого.

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.

Фактически паразитизм – явление столь всеобщее, что единственные существа, не подверженные нападению паразитов – это те паразиты, которые представляют собой последнее звено в длинной цепи питания. Даже человек, как и любое другое живое существо, это в сущности местообитание множества экологических ниш, иногда занятых паразитами. Есть очень интересный момент в этом явлении. Паразит идет на компромисс: он вынужден ограничивать свою деятельность, чтобы не подвергать непосредственной опасности жизнь хозяина, и таким образом не лишать себя источника существования. Поэтому непрерывно вредить своему хозяину невыгодно: нужно позволить хозяину дожить до того момента, когда тот оставит потомство – тогда и последующие поколения паразитов обеспечены хозяевами. Паразит изнуряет, но не губит хозяина.

Какие же особенности паразитического образа жизни?

1) 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 бычий и свиной солитеры – гиганты среди плоских червей, достигают в длину 8–12 м;

2) 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.

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 собственных всем паукообразным четырех пар.

Среди высших растений паразитический образ жизни ведут многие повилики и заразики, поражающие клевер, лен, иву, подсолнечник.

Полупаразитами, сохраняющими хлорофиллоносные органы, являются различные погретки, омелы. Получая от растений воду и минеральные вещества, они в то же время синтезируют хлорофилл и нуждаются в отличие от полных паразитов в солнечном свете.

Человек – существо слабое, и когда-то он был жертвой многих хищников. Однако в наше время случаи, когда человек погибает от нападения льва, или крокодила, или акулы, сравнительно редки. Современный человек – одно из очень немногих животных, практически неуязвимых для хищников. С животными более крупными, чем он сам, человек способен легко справиться. Совсем иначе обстоит дело в отношении животных более мелких. Существа, паразитирующие на человеке, продолжают процветать. В тех случаях, когда вред, приносимый паразитами становится явным, гово-

рят о болезнях, а паразитов, вызывающих болезни, называют *патогенными*, что в переводе с древнегреческого означает «приносящие страдания». Паразиты потребляют различные вещества, необходимые человеческому организму, кроме того, само их присутствие в тканях нарушает нормальную работу органов. Еще более важно, что вещества, вырабатываемые паразитами, в процессе их метаболизма бывают ядовиты для человека.

Литература:

Основная

1. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.
2. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
3. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
4. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2 т. Т. 1 / М. Бигон, Дж. Харпер., К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
2. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Изд-во МСЭ, 1989. – 408 с.
3. Львович, М. И. Вода и жизнь (Водные ресурсы, их преобразование и охрана) / М. И. Львович. – М.: Мысль, 1986. – 264 с.
4. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.
5. Ятусевич, А. И. Справочник по ветеринарной и медицинской паразитологии / А. И. Ятусевич, И. В. Рачковская, В. М. Каплич. – Минск: Техноперспектива, 2011. – 411 с.
6. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.
7. Радкевич, В. А. Животные и растения: Экологические очерки / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1980. – 176 с.

8. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

9. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала перечислите водные растения и их адаптации к жизни в водной среде.

Виды	Адаптивные особенности

Задание 2

Приведите экологические группы гидробионтов и их приспособления к водной среде жизни.

Экологическая группа/виды	Адаптивные особенности	Специфические приспособления у гидробионтов

Задание 3

Перечислите экологические группы животных и адаптивные приспособления к обитанию в почве.

Экологическая группа/виды	Адаптивные особенности

Задание 4

Сравните структурные особенности видов животных из различных сред жизни.

Вид животного	Среда жизни	Особенности строения

Задание 5

На рис. 2.1 обозначьте почвенные горизонты и охарактеризуйте их:

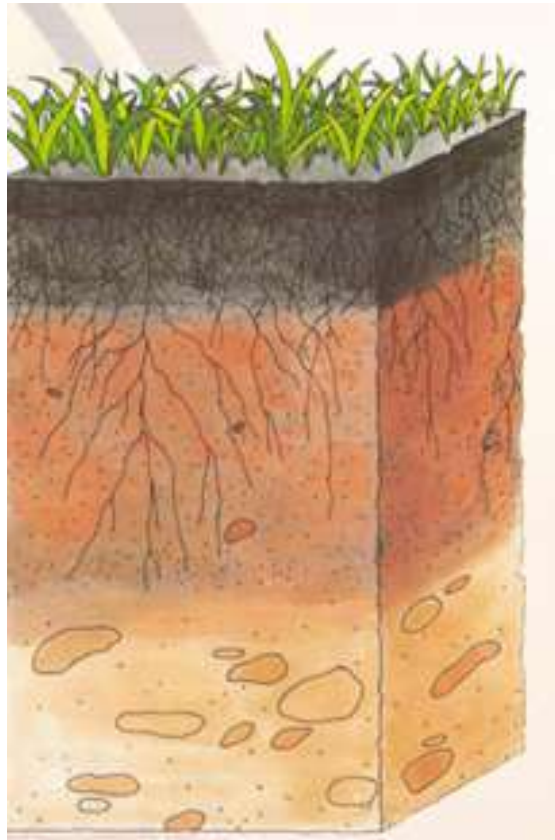


Рис. 2.1. Почвенные горизонты

Занятие 5. Адаптации организмов к абиотическим факторам, правила и механизмы

1. Адаптации организмов к окружающей среде.

1.1. Определения. Адаптации генотипические и онтогенетические (фенотипические).

1.2. Пути возникновения адаптаций.

1.3. Правило экологической индивидуальности Л. Г. Раменского. Экологическая аксиома Ч. Дарвина. Закон относительной независимости адаптации.

2. Виды адаптаций и их адаптационные механизмы.

2.1. Адаптации структурные (морфологические).

2.2. Адаптации физиологические.

2.3. Адаптации поведенческие.

2.4. Адаптации теплокровных животных. Правила: Бергмана, Аллена, Глогера.

2.5. Конвергенция.

Теоретическая часть

При изучении адаптаций, прежде всего, необходимо вспомнить, что способность к размножению и адаптации живых организмов к окружающей среде являются одними из основных характеристик живого.

Уместно сказать то, что все живые существа обладают колоссальным биотическим потенциалом, т. е. способностью размножаться. В качестве примера можно привести одноклеточную инфузорию-туфельку, делящуюся каждые 22 ч. Потомство одной единственной инфузории, приступившей к делению 1 января (при условии, что ни одна особь не погибнет), скажем, к 8 марта будет занимать объем 4 км³, а к середине апреля достигнет объема Земли. Понятно, что в природе ничего подобного не происходит. Присущая всему живому способность к размножению лимитируется такими факторами, как голод, несчастные случаи, засуха и другие напасти, к числу которых следует отнести хищников и паразитов. Вместе взятые, эти факторы составляют то, что называется сопротивлением среды. Таким образом, чтобы выжить каждый вид должен был приспособиться к окружающему его миру, преодолеть сопротивление среды, в противном случае он давно бы уже вымер.

Отсюда вытекает определение адаптации: *адаптация* (лат. *adaptatio* – приспособляемость) – это любое свойство, обеспечивающее выживание организма в окружающих его условиях. Фактически любое живое существо представляет собой комплекс различных адаптаций (приспособлений), позволяющих животному или растению жить, размножаться и эффективно использовать материальные ресурсы среды.

Как же возникают адаптации? Адаптации возникают в результате того, что среда постоянно отсеивает неблагоприятные наследственные изменения, появляющиеся без исключения у всех видов растений и животных. На первый взгляд травинки на лугу ничем не отличаются друг от друга, в действительности же между

ними есть некоторые наследственные отличия, они могут быть совершенно незначительные, но, тем не менее, они есть и в определенный момент дадут этим растениям преимущество перед другими в борьбе за существование. В этом и проявляется регулирующее действие среды: особи, сильно отличающиеся от наиболее приспособленных, погибают или не оставляют потомства.

При неизменных внешних условиях любая популяция представляет собой группу практически неотличимых друг от друга особей. Но стоит условиям измениться, и почти все организмы обречены на гибель. Только некоторые организмы, генетически более приспособленные к изменившимся условиям, выживут – окажутся «нормальными» для новой среды обитания. Когда такие отклонения, обеспечивающие выживание особи в новых условиях, широко распространяются в последующих поколениях, они приобретают значение адаптации.

Закономерности возникновения адаптаций. Адаптации всегда носят относительный характер и развиваются на основе определенных онтогенетических предпосылок или адаптационных явлений, которые наследственно не закреплены. Такие *онтогенетические (фенотипические)* адаптации обратимы, но наряду с генетическими играют также важную роль в жизни организмов, и чем выше они стоят на эволюционной лестнице, тем их роль больше. В сложных условиях среды каждый организм, популяция существуют благодаря комплексу генетических и онтогенетических адаптаций, которые действуют одновременно, не исключая друг друга.

Согласно **правилу экологической индивидуальности Л. Г. Раменского** (1924): «Каждый вид адаптирован, индивидуален, двух идентичных видов не существует». Например, в составе кактусов имеются стеблевые (высокие древовидные, кронаобразующие, колонновидные, кустарниковидные) и карликовые формы. В свою очередь карликовые кактусы являются шаровидными, ежеобразными, шишковидными и др.

Экологическая специфичность видов подчеркивается так называемой *аксиомой адаптированности*, носящей также название *экологической аксиомы*, или *аксиомы Ч. Дарвина*: «...каждый вид адаптирован к строго определенной, специфичной для нее совокупности условий существования – экологической нише». Очевидно, что раз виды экологически индивидуальны, то

они имеют и специфические экологические ниши. Правило экологической индивидуальности обуславливает аксиому адаптированности. Эти два биологических постулата дополняют друг друга.

Естественно, что приспособленность к одному фактору среды, например повышенной влажности, не дает организму такой же адаптированности к другим условиям среды (температуре и т. п.). Эта очевидная закономерность сформулирована как **закон относительной независимости адаптации**: «Высокая адаптированность к одному из экологических факторов не дает такой же степени приспособления к другим условиям существования». Наоборот, она может ограничивать эти возможности в силу физиолого-морфологических особенностей организма. Поскольку организмы, живущие в близких условиях существования, вынуждены сталкиваться со сходными ограничениями, в ответ на них они выработали близкие функциональные реакции (организмы водной среды жизни, которые не могут жить в наземно-воздушной среде или почве).

В энергетическом отношении адаптация заключается в способности поддерживать энергетический баланс организма. Энергетический баланс животные поддерживают:

- путем снижения затрат энергии;
- повышенным ее потреблением.

По первому пути пошли пойкилотермные животные, некоторые млекопитающие и птицы. Они обладают способностью избегать неблагоприятного действия внешних условий.

Большинство гомойотермных животных активно противостоят экстремальным воздействиям среды, что сопряжено с колоссальными добавочными энергетическими расходами.

Виды адаптаций и их адаптационные механизмы. Основной задачей данной тематики является все же сравнительный анализ различных видов адаптаций и действие их адаптационных механизмов. В этой связи выделяют три основных вида адаптаций.

Адаптации структурные (морфологические) связаны с изменениями строения тела. В основе структурных адаптаций лежат анатомо-морфологические механизмы – разнообразные морфологические и анатомические приспособления, которые формируются в соответствии с образом жизни в определенной среде и выполня-

ют защитную функцию в межвидовых отношениях. Спектр их весьма разнообразен:

1) *твердые покровы*. Своеобразные защитные образования в виде панцирей: хитиновый покров членистоногих, прочные раковины моллюсков, ороговевшие покровы (щитки, чешуи, шипы, панцири) у рептилий, богатые кремнеземом оболочки клеток, кутикула, восковой налет на листьях и побегах растений;

2) *защитные образования и выделения*. Войлочное, паутинистое и железистое опушения, твердые выросты эпидермиса (шипы) у растений, иглы, колючки, воскообразная слизистая пленка и др.;

3) *ткани, выполняющие защитную функцию*. Эпидермис, пробка, палисадная ткань и др.;

4) *форма, размеры органов, тела животных и растений*. Форма и размеры устьиц, листовых пластинок, корневых систем, жизненные формы, нанизм (карликовость) и др.;

5) *приспособительная окраска*. Это различные виды защитной окраски (покровительственная, расчленяющая, предостерегающая, отпугивающая), а также мимикрия (миметизм и мимезия).

В свою очередь многообразие защитных окрасок животных может быть разделено на несколько основных групп:

– *покровительственная (криптическая) окраска*. Название происходит от греческого *kryptos* – тайна. Такая окраска позволяет организму «слиться» с фоном, стать незаметным, спрятаться. Присуща хищникам и незащищенным организмам;

– *расчленяющая окраска*. Она представляет собой частный случай покровительственной окраски, хотя и используется несколько иная стратегия. В этом случае на теле имеются яркие, контрастные полосы или пятна. Издалека хищнику очень трудно различить границы тела потенциальной жертвы (зебра). Оригинальная стратегия – на теле рыбы имеются большие ложные «глаза», способные ввести хищника в заблуждение, тогда как настоящие замаскированы;

– *угрожающая окраска (и поза)*. В отличие от предостерегающей окраски, угрожающая окраска присуща незащищенным, съедобным с точки зрения хищника организмам. Эта окраска не видна все время, в отличие от предостерегающей, она внезапно демонстрируется атакующему хищнику с целью дезориентировать

его. Считается, что «глаза» на крыльях многих бабочек служат именно для этой цели;

– *предостерегающая окраска*. Такой вид защитной окраски присущ защищенным животным (как, например, голожаберному моллюску, используемому для защиты от врагов азотную кислоту). Яд, жало или другие способы защиты делают животное несъедобным для хищника, а окраска служит для того, чтобы вид объекта сохранился в памяти хищника в сочетании с теми неприятными ощущениями, которые тот испытал при попытке съесть животное.

Теперь рассмотрим особенности разнообразных форм защитной окраски, которая объединяется под термином «**мимикрия**», общим для которых является сходство организмов, подражание по окраске одних существ другим:

1) *классическая мимикрия*, или *мимикрия Бейтса* – подражание незащищенного организма защищенному. Незащищенный (съедобный) организм подражает по окраске защищенному (несъедобному). Имитатором эксплуатируется стереотип, сформированный в памяти хищника контактом с моделью (защищенным организмом). Например, муха-журчалка, подражающая по окраске и форме тела осе;

2) *мимикрия Мюллера* – сходная окраска («реклама») у ряда видов защищенных организмов. В этом случае ряд защищенных, несъедобных видов имеют сходную окраску («одна реклама на всех»). Таким образом, достигается следующий эффект: с одной стороны, хищнику не надо пробовать по одному организму каждого вида, общий образ одного ошибочно съеденного животного будет достаточно прочно запечатленным. С другой стороны, хищнику не придется запоминать десятки разных вариантов яркой предостерегающей окраски разных видов. Пример – сходная окраска ряда видов отряда перепончатокрылых;

3) *мимезия* – подражание неживым предметам. Широко распространена у насекомых (например, палочники);

4) *коллективная мимикрия* – создание общего образа группой организмов. При коллективной мимикрии большая группа небольших по размерам организмов сбивается в плотное скопление, чтобы создать образ крупного животного. Особенно эффективна такая стратегия для обитателей моря;

5) *агрессивная мимикрия* – элементы подражания у хищника с целью привлечения жертвы. При агрессивной мимикрии хищник имеет приспособления, позволяющие ему привлекать потенциальную жертву. Примером может служить рыба-клоун, у которой на голове имеются выросты, напоминающие червячков и к тому же способные шевелиться. Сама рыба лежит на дне (у нее великолепная криптическая окраска!) и ожидает приближения жертвы, занятой поиском пищи.

В отличие от структурных – *физиологические адаптации* внешне незаметны. Кенгуровая крыса, обитающая в пустынях юго-запада США, может прожить всю жизнь, не выпив ни капли воды, довольствуясь семенами, в которых содержится менее 10% влаги, ее обмен веществ приспособлен к крайне экономному расходованию воды и таких примеров множество.

В основе физиологических адаптаций лежат:

– *физиолого-биохимические механизмы*. Их основой является гомеостаз внутренней среды. В ответ на возмущение во внутренней среде, пришедшие из среды внешней, нервной или нервно-гуморальной системой запускаются разные механизмы, направленные на поддержание гомеостаза:

– *онтогенетические механизмы*, которые направлены на ускорение или замедление индивидуального развития. Повышение устойчивости организмов обеспечивается понижением жизнедеятельности, падением уровня обмена веществ, ослаблением или остановкой отдельных жизненных функций, что выражается в наступлении покоя. Такое состояние является обязательным этапом онтогенеза в нестабильных условиях среды обитания (жаркое сухое лето, суровая зима).

Покой бывает вынужденным (*гипобиоз*), наступающим сразу под действием фактора, что ведет, например, к оцепенению некоторых насекомых, и физиологическим (*криптобиоз*), связанным с длительной обязательной физиологической подготовкой при наступлении этого состояния и при выходе из него. Криптобиоз у разных организмов протекает по-разному: покой семян, спор, цист; глубокий покой растений; спячка животных в жаркое сухое и зимнее холодное время (диапауза).

Диапауза – состояние покоя, сопровождающееся задержкой роста и развития на разных этапах онтогенеза: от яйца до имаго

включительно. Куколки бабочки-желтушки, эндемика Новой Земли, могут зимовать, например, несколько лет подряд, дожидаясь более теплого сезона. Процессы развития тормозятся железами внутренней секреции, вырабатывающими гормоны. У видов с простым и упрощенным строением возможна полная временная остановка жизни (*анабиоз*).

Третий тип адаптаций – это *поведенческие адаптации*, делающие столь бесконечно привлекательными многих животных. Бабочка с полосатыми крыльями весь день неподвижно сидит на полосатых цветках лилии. Полосатые крылья – структурная адаптация, но то, как бабочка обращается со своими крыльями это уже адаптация поведенческая. Она всегда садится так, чтобы полосы на ее крыльях были параллельно вертикальным полоскам на листе: насекомое в таком случае делается невидимым.

В основе поведенческих адаптаций лежат *поведенческие механизмы*. При поведении выживания главным является способность организмов к перемещению в пространстве. Чем активнее животное, тем больше оно получает экологической информации и тем реже прибегает к пассивным способам защиты. Обычная реакция особей на воздействие среды выражается в способности зарыться, убежать, уплыть, улететь, а также в виде фото- и геотаксисов.

Кроме адаптивного перемещения в пространстве (миграции, перелеты), реализующего стремление возвратиться в нейтральные или оптимальные условия, некоторым животным характерен так называемый изолирующий рефлекс. Многие животные обладают способностью затаиться, укрыться в убежище. Двустворчатые моллюски, усоногие ракообразные от вредного воздействия изолируются, например, смыканием створок раковины.

К поведению выживания относится также полное обездвиживание в ответ на появление хищника. «Поза покоя» характерна насекомым, рыбам, амфибиям, птицам, не обладающим средствами активной защиты от врагов. Эффект поведенческой реакции увеличивается, если он сочетается с покровительственной окраской. Большая выпь, например, в позе настороженности мало заметна даже на близком расстоянии.

Все рассмотренные адаптационные механизмы, в общем, отражают приспособления организмов к факторам среды. Для более

глубокого понимания их действия следует учитывать, что адаптации проявляются на всех уровнях организации материи. Совместное функционирование разных по уровню адаптивных систем, которые действуют одновременно и не переходят друг в друга, обеспечивает максимальную приспособленность вида к конкретным условиям.

Литература:

Основная

1. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.
2. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
3. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
4. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяції и сообщества. В 2 т. Т. 1 / М. Бигон, Дж. Харпер., К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
2. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Изд-во МСЭ, 1989. – 408 с.
3. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.
4. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.
5. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.
6. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.
7. Способы защиты у животных / пер. с англ. И. Гуровой. – М.: ТЕРРА, 1997. – 136 с.
8. Фарб, П. Популярная экология / П. Фарб. – М.: Мир, 1971. – 192 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала приведите классификацию и дайте примеры, охарактеризуйте адаптации.

Вид адаптаций	Примеры	Описание адаптаций	Преимущества

Задание 2

Опишите вид мимикрии и приведите примеры разнообразных форм защитных окрасок (мимикрии).

Мимикрия	Примеры	Описание адаптаций
Классическая мимикрия (мимикрия Бейтса)		
Мимикрия Мюллера		
Мимезия		
Коллективная мимикрия		
Агрессивная мимикрия		

Задание 3

Назовите вид адаптации и ее преимущества (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Различные формы клюва у птиц

Задание 4

Объясните, в чем приспособленность данных организмов к условиям окружающей среды и в чем их относительность (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Адаптации животных

Задание 5

Классифицируйте адаптации, укажите их особенности для каждого организма (рис. 2.4).



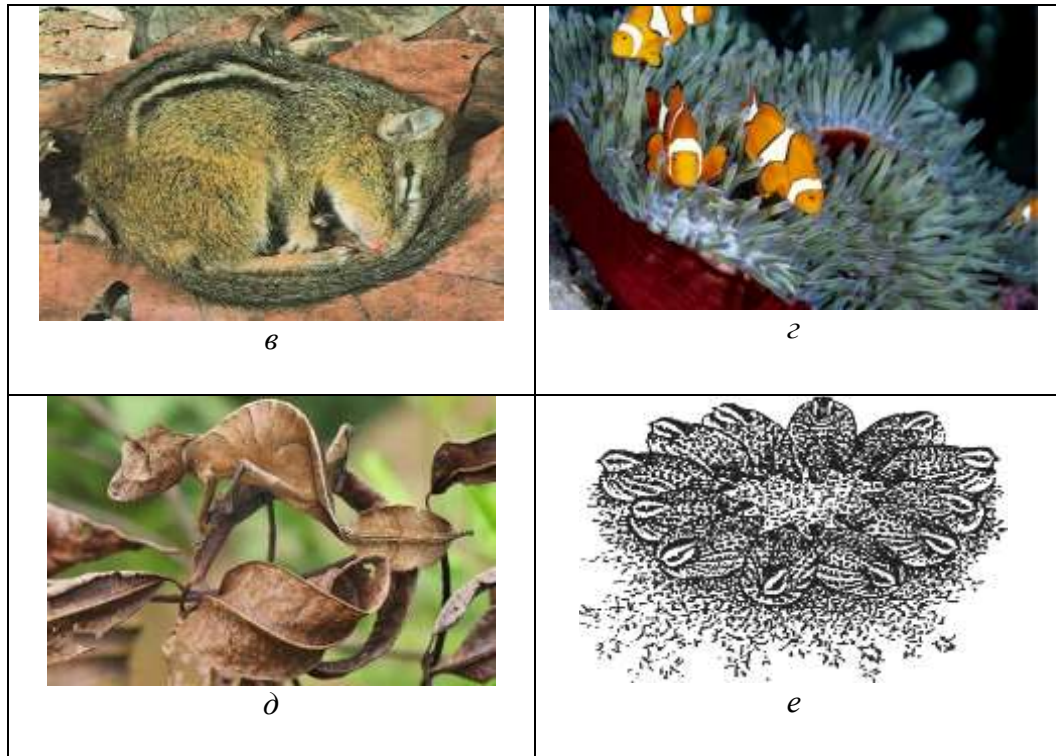


Рис. 2.4. Адаптации растений и животных

Занятие 6. Жизненные формы растений и животных

1. Понятие жизненных форм.
 - 1.1. Происхождение жизненных форм.
 - 1.2. Эколого-биологические особенности жизненных форм.
2. Жизненные формы растений.
 - 2.1. Жизненные формы в классификации Х. Раункиера.
 - 2.2. Жизненные формы в классификации И. Г. Серебрякова.
3. Жизненные формы животных.
 - 3.1. Жизненные формы в классификации Д. Н. Кашкарова.
 - 3.2. Классификация жизненных форм насекомых по В. В. Яхонтову.

Теоретическая часть

Понятие жизненных форм. Основной целью данной тематики является рассмотрение жизненных форм растений и животных и их особенностей по отношению к условиям внешней среды, которая оказывает непосредственное воздействие на внешний облик.

Прежде всего, о понятии жизненная форма. **Жизненная форма, биологическая форма, биоформа** – внешний облик (габитус), отражающий приспособленность растений и животных к условиям среды. Термин был предложен датским ботаником **Э. Вармингом** в 1884 г., понимавшим под ним «...форму, в которой вегетативное тело растения находится в гармонии с внешней средой в течение всей жизни, от семени до отмирания».

Однако справедливости ради необходимо отметить, что представления о жизненных формах возникло еще в начале XIX в., когда знаменитый немецкий естествоиспытатель **А. Гумбольд** в 1806 г. ввел понятие «основные физиономические формы растений». Он первым обратил внимание на главное в учении о жизненных формах – на «выдающиеся черты» как следствие среды и образа жизни. Он выделил 19 растительных форм, определяющих «физиономию природы», и назвал их именем растений, у которых соответствующая форма особенно хорошо выражена: формы банана, пальм, древовидных папоротников, алоэ, иглолистных, орхидей, виноградной лозы, кактусов, казуаринов, злаков и осок, мхов, листовидных лишайников, шляпочных грибов и др.

Понятие «жизненная форма» оказалось весьма плодотворным. Разработка этого понятия в XX в. получила широкий размах. Причем, наряду с разработкой этого понятия в экологии растений, шла его разработка и в экологии животных. На первых порах разработка проблемы жизненных форм растений производилась с чисто физиономических позиций. Устанавливались и выделялись жизненные формы по внешним морфологическим признакам растений, особенно большое внимание уделялось их общему внешнему облику. Позднее **Е. Варминг** в выделение жизненных форм внес экологический принцип: характер местообитания, способ питания растений.

Происхождение жизненных форм. При изучении данной тематики полезным является знакомство с происхождением жизненных форм. Жизненные формы как типы приспособительных структур возникают в результате дивергенции и конвергенции.

Дивергенция – это процесс расхождения признаков у родственных организмов, обитающих в разных средах. Ярким примером дивергенции может служить изменение конечностей млекопитающих в ходе их приспособления к разным условиям среды. Рука человека, крыло летучей мыши, копыто лошади, лапа медведя, лапа морского льва, плавник кита – это все результаты дивергенции. Пример дивергенции у растений: у них листья в зависимости от условий могут превращаться в усики (у гороха), в иглы (у барбариса), в колючки (у кактуса), т. е. видоизменяться.

В сходных условиях в процессе *конвергенции* возникает общность морфологических структур у далеких по родству видов. Конвергенция наблюдается в тех случаях, когда неродственные таксоны приспособляются к одинаковым условиям. О конвергенции говорят в тех случаях, когда обнаруживается внешнее сходство в строении и функционировании какого-либо органа, имеющего у сравниваемых групп живых организмов совершенно разное происхождение. Например, крылья стрекозы и летучей мыши имеют общие черты в строении и функционировании, но формируются в ходе эмбрионального развития из совершенно разных клеточных элементов и контролируются разными группами генов.

Еще один наглядный пример конвергентной адаптации. Броненосцы (млекопитающие), мокрицы (равноногие), некоторые клещи (паукообразные) и жуки (насекомые) обладают одинаковой способностью сворачиваться, образуя закрытый со всех сторон шар для защиты от врагов и сохранения влаги в сухом местообитании.

Так, в процессе адаптации к недостатку влаги у растений возникла суккулентность. В аридных условиях суккулентную структуру (сочные мясистые листья или стебли, неглубокая разветвленная корневая система) приобрели кактусы (известно около 2000 видов), агавы (около 275 видов), алоэ (350 видов), многие молочай, очитки, молодила и др.

У растений, как правило, наиболее приспособительный характер носят такие признаки, как:

- 1) форма роста (габитус);
- 2) размеры листьев;
- 3) одновременность их опадения в неблагоприятный период;

- 4) степень защищенности почек;
- 5) характер подземных органов;
- 6) способность растения к вегетативному размножению.

Здесь необходимо обратить внимание на то, что внутренние черты строения организмов остаются относительно неизменными, отражая родство видов.

Эколого-биологические особенности жизненных форм. Следует помнить, что жизненная форма (понятие эколого-морфологическое) представляет собой экологический, географический и фитоценотический феномен:

– *экологический феномен.* Сущность жизненной формы определяет не все разнообразие признаков и свойств организмов, а только те, которые развиваются в результате непосредственной связи со средой обитания, обусловлены конституцией растения или животного. Связь со средой, а следовательно, жизненная форма, может изменяться по мере возмужалости и старения организма. Например, у ландыша майского и купены лекарственной проростки ведут подземный образ жизни, являясь гетеротрофами; взрослые особи видов – автотрофы, корневищные поликарпики;

– *географический феномен.* Виды способны менять жизненную форму в соответствии с природными условиями в пределах зоны или разных зон, т. е. существовать в виде разных жизненных форм, например, дерева и кустарника, что в Беларуси, в частности, характерно для граба. Тростник обыкновенный на солончаках в русле Амударьи принимает стелющуюся форму;

– *фитоценотический феномен.* Жизненные формы формируются и под влиянием фитоценотической среды. Так, лесной фитоценоз во всех природных зонах благоприятствует образованию жизненной формы дерева, лианы. Фитоценотическая обусловленность возникает и развивается как результат совместной эволюции видов в фитоценозе данного типа.

Классификация жизненных форм растений Х. Раункиера. Одна из наиболее известных и простых классификаций жизненных форм растений была разработана датским экологом и геоботаником **Х. Раункиером** в 1905 г. Датский исследователь с гениальной простотой свел все разнообразие жизненных форм к небольшому числу их макротипов, выделенных всего по одному критерию, но имеющему большое приспособительное значение –

«положение почек или верхушек побегов в течение неблагоприятного времени года по отношению к поверхности почвы». Х. Раункиер разработал классификацию жизненных форм вначале для растений Средней Европы, но затем распространил ее и на растения тропического пояса. Таким образом, эта классификация стала универсальной и остается одной из самых популярных.

Все растения Х. Раункиер разделил на пять основных типов жизненных форм:

1. **Фанерофиты**. Почки возобновления у них открытые или закрытые, расположены над поверхностью почвы высоко (выше 30 см). Они подразделяются на 15 подтипов: по консистенции стебля, высоте растений, ритму развития листвы, защищенности почек.

Почки возобновления растений-фанерофитов зимуют или переносят засушливый период «открыто», располагаясь достаточно высоко над землей. Только у части фанерофитов почки защищены почечными чешуями от низких температур и потери влаги. Изначально фанерофиты и не нуждались в защите почек, произрастая в наиболее благоприятных теплых и влагообеспеченных регионах земли. Они господствовали, когда климатические зоны не были выражены, и явились родоначальными формами новых видов. Постепенно расселяясь, фанерофиты эволюционировали в соответствии с дифференциацией условий по температурному режиму, количеству влаги, продолжительности сухого и влажного периодов.

И по настоящее время зона экваториальных лесов продолжает оставаться царством фанерофитов, а их климат называют «климатом фанерофитов». В лесах Амазонки на их долю приходится до 88% видового состава флоры. Преобладающее большинство из них может произрастать только здесь. По мере продвижения от тропиков к полюсам численность фанерофитов заметно уменьшается: в тайге сводится к небольшому числу видов, а в лесотундре и тундре составляет всего около 1%.

2. **Хамефиты**. Почки возобновления расположены у поверхности почвы или не выше 20–30 см. Хамефиты включают кустарнички, полукустарники и полукустарнички, растения-подушки и некоторые травы. Эта жизненная форма подразделяется на три подтипа:

– *полукустарники, пассивные хамефиты* (хамефиты, вегетативные побеги которых отрицательно геотропичны и остаются неизменными в начале неблагоприятного периода. Они слабы и не снабжены достаточно развитой механической тканью, поэтому не могут стоять прямо, падают и лежат на земле);

– *активные хамефиты*, вегетативные побеги которых остаются неизменными в начале неблагоприятного периода. Эти побеги лежат на поверхности земли потому, что они трансверсально (поперечно) геотропичны, и в отличие от пассивных хамефитов побеги этих растений на концах не приподнимаются (виды родов *Vinca*, *Thymus*, *Lysimachia* и др.);

– *растения-подушки, или растения подушковидной формы*, для которых характерны многочисленные короткие побеги, верхушки которых образуют единую поверхность. Годичный прирост всех побегов одинаков и ничтожен по величине. Такой тип растительности возник в экстремальных условиях резких смен температуры и сильных ветров, что характерно для равнинных и горных пустынь и полупустынь.

3. Гемикриптофиты. Почки возобновления находятся на поверхности почвы или в самом поверхностном слое, покрытом часто подстилкой. Включает три подтипа и более мелкие подразделения. Растения, побеги которых в начале неблагоприятного периода отмирают до уровня почвы, поэтому в течение этого периода остаются живыми только нижние части растений, защищенные землей и отмершими листьями. Они-то и несут почки, предназначенные для образования побегов следующего сезона с листьями и цветками. Данную группу составляют травянистые многолетники, которые существенно отличаются от растений предыдущих групп полным или иногда почти полным отмиранием надземных органов при наступлении неблагоприятного периода. Почки возобновления у этих растений расположены на уровне поверхности почвы, где они относительно защищены самой почвой, отдельными частями растений или погружены неглубоко, главным образом в подстилку. Опавшие листья и покров из мертвых частей растений повышают устойчивость к колебаниям температуры, сохраняют тепло и влагу, препятствуют внезапному оттаиванию подземных органов, задерживают испарение, защищая их от высыхания, особенно зимой.

4. **Криптофиты.** Почки возобновления скрыты в почве (геофиты) или под водой (гелофиты и гидрофиты). Подразделяются на семь подтипов. Растения, у которых почки или окончания побегов, предназначенные для перенесения неблагоприятного периода, расположены под поверхностью почвы или на дне водоема. Эта жизненная форма подразделяется на три подтипа: *геофиты* (корневищные, клубневые, луковичные, корневые), *гелофиты* и *гидрофиты*. У геофитов надземные части растений данной группы отмирают полностью, но почки возобновления сохраняются в почве, у гелофитов – в почве, насыщенной водой, или на дне водоемов (гидрофиты).

Наиболее сложной группой являются геофиты, в подземных органах большинства которых откладываются в запас питательные вещества. При наступлении неблагоприятного периода у них отмирают вся надземная часть и верхняя часть подземных органов. Основу группы составляют эфемероиды – растения с коротким, обычно весенним, периодом развития. В их годовом цикле закономерно чередуются кратковременные периоды функционирования надземных органов с довольно продолжительными периодами отсутствия проявлений роста. Однако покой в обычном понимании у них отсутствует. В луковицах (луковичные геофиты), клубнях (клубневые геофиты) активно протекают процессы формообразования и развития. Активная жизнедеятельность этих растений продолжается на протяжении почти всего года.

5. **Терофиты.** Возобновление после неблагоприятного времени года происходит только семенами. Это однолетние (двулетние) растения, которые неблагоприятное время года переживают в виде семян. Их называют растениями благоприятного летнего сезона, летними растениями. Терофиты широко распространены в разных регионах земного шара. Они являются фоновыми растениями в нарушенных местообитаниях, встречаются в агроценозах. Ими сравнительно богаты степи, пустыни, где однолетники обильно появляются после эпизодических дождей или ранней весной, образуя эфемерные луга (предгорные пустыни Средней Азии). Условия сухих жарких стран благоприятствовали возникновению этой жизненной формы растений.

Биологический спектр жизненных форм Х. Раункиера. При изучении распространения данных жизненных форм необхо-

димо обратить внимание, что они достаточно адекватно распространены по соответствующим биомам различных географических зон. Х. Раункиер считал, что жизненные формы складываются исторически как результат приспособления растений к климатическим условиям среды. Он процентное распределение видов по жизненным формам в растительных сообществах назвал *биологическим спектром*. Он установил, что распространение растений выделенных им категорий хорошо совпадает с основными типами биомов:

– *фанерофиты* (большая часть деревьев и крупных кустарников) доминируют в теплой влажной среде;

– *хамефиты* (мелкие кустарники и травянистые растения) чаще всего встречаются в местах с холодным и сухим климатом;

– *гемикриптофиты* (растения, побеги которых с наступлением неблагоприятных условий в зимний период отмирают до уровня почвы) характерны для холодных влажных областей;

– *криптофиты* (растения, почки которых полностью погружены в почву) также типичны для холодного и влажного климата.

Между жизненными формами растений и типами биомов наблюдается близкое соответствие. *Фанерофиты* доминируют над другими растительными формами в теплых влажных средах, а в умеренных и арктических областях их замещают *хамефиты*, *гемикриптофиты* и *криптофиты*. В пустынях доминируют *терофиты* и обеспечивают высокий уровень биоразнообразия, которое зарегистрировано лишь в течение короткого периода вегетации.

Система жизненных форм растений по И. Г. Серебрякову. Она построена на эколого-морфологической основе в эволюционном аспекте. В качестве главного структурно-биологического выступает длительность жизненного цикла растения (от произрастания семян до полного отмирания всего растительного организма). Этим, по мнению автора, определяется как общий облик (габитус) жизненной формы и исторически возникает как выражение приспособленности растений к конкретным почвенно-климатическим условиям, как благоприятным, так и неблагоприятным.

Общая структура системы жизненных форм *И. Г. Серебрякова* (1962) следующая. Все формы растений разбиваются на четыре отдела. Отделы разбиты на типы. Каждый тип в свою очередь разбит на множество мелких единиц:

1) отдел А. **Древесные растения**: тип дерева – тип кустарники – тип кустарнички;

2) отдел Б. **Полудревесные растения**: тип полукустарники – тип полукустарнички;

3) отдел В. **Наземные травы**: тип поликарпические травы – монокарпические травы;

4) отдел Г. **Водные травы**: тип земноводные травы – тип подводные травы – тип плавающие травы.

Выделение отделов основано на структуре надземных осей (древесные, полудревесные и травянистые растения), типов – на относительной длительности жизни надземных осей (в отделе древесных растений) или на длительности жизни растений в целом (в отделе наземных травянистых растений).

Система *И. Г. Серебрякова* не была опубликована в англоязычных изданиях и поэтому мало известна.

Система жизненных форм животных по Д. Н. Кашкарову. Классификация жизненных форм (экобиоморф) животных, как и растений, весьма разнообразны в зависимости от принципов, которые кладут в их основу. Разного рода приспособительные биолого-морфологические признаки выражены в животном мире не менее, если не более, ярко, чем в растительном.

Из экологов животных раннего периода наиболее известен Д. Н. Кашкаров, который в монографиях «Среда и организм» (1933) и «Основы экологии животных» (1938) писал: «...тип животного, находящегося в соответствии с окружающими условиями, мы называем "жизненной формой". И далее: «В жизненной форме, как в зеркале, отражаются главнейшие доминирующие черты местобитания видов и основные черты климата и почв и биотических отношений» (1944). Руководствуясь этими положениями, **Д. Н. Кашкаров** (1944) предложил следующую систему форм животных.

I. Плавающие формы:

1. Чисто водные: а) нектон, б) планктон, в) бентос.

2. Полуводные: а) ныряющие, б) ненныряющие, в) лишь добывающие из воды пищу.

II. Роющие формы:

1. Абсолютные землерои (всю жизнь проводящие под землей).

2. Относительные землерои (выходящие на поверхность).

III. Наземные формы:

1. Не делающие нор: а) бегающие, б) прыгающие, в) ползающие.

2. Делающие норы: а) бегающие, б) прыгающие, в) ползающие.

3. Животные скал:

IV. Древесные лазающие формы:

а) не сходящие с деревьев, б) лишь лазающие по деревьям.

V. Воздушные формы:

а) добывающие пищу в воздухе, б) высматривающие пищу с воздуха.

Жизненные формы отчетливо выделяются в пределах любой крупной таксономической группы живых организмов, характеризующийся экологическим разнообразием видов.

В пределах каждой группы особенности поступательного движения и образа жизни формируют более специфические приспособительные формы. Так, наземные млекопитающие передвигаются в основном посредством ходьбы, бега и прыжков, что проявляется в их внешнем облике. Например: прыгающие животные кенгуру, тушканчики, кенгуровые крысы – отличаются компактным телом с удлиненными задними конечностями и значительно укороченными передними. Очень сильно развиты мышцы – разгибатели спины, увеличивающие мощность толчка. Длинный хвост играет роль балансира и руля, позволяющего резко изменять направление движения.

Во внешнем облике птиц в наибольшей мере проявляется приуроченность их к определенным типам местообитаний, а также четко заметны различные способы передвижения при добывании пищи.

Жизненные формы насекомых в классификации В. В. Яхонтова. Поскольку видов насекомых на нашей планете более 1 млн. видов, и они занимают во многих биогеоценозах лидирующее положение, то целесообразно познакомиться с их жизненными формами. **В. В. Яхонтов** (1969) выделяет семь жизненных форм насекомых. В основу классификации положено ярусное распределение насекомых в биотопах, поскольку оно в большей степени отображает комплексное влияние внешней среды и на отдельные виды, и на их группировки. По характерным приспособительным

признакам строения насекомых можно определить типичные черты их жизнедеятельности и мест обитания, как это можно видеть по данной классификации жизненных форм:

1) **геобионты** – обитатели почвы. Они подразделяются на ряд мелких группировок: а) *ризобионты* – насекомые, связанные с корневой системой (личинки долгоносиков, златок, майских жуков), б) *сапробионты* – обитатели разлагающихся органических остатков (личинки бронзовок, мух), в) *копробионты* – обитатели навоза (навозники); г) *планофилы* – насекомые, которым свойственно частое передвижение (хищные жужелицы);

2) **эпигеобионты** – насекомые открытых участков почвы: а) *псаммобионты* – обитатели песчаных субстратов (жуки-чернотелки), б) *петробионты* – обитатели каменистых участков (*саранчовые*), в) *галобионты* – обитатели засоленных участков почвы (некоторые клопы, жужелицы);

3) **герпетобионты** – насекомые, живущие среди растительных и иных органических остатков, например, под опавшей листвой. Напочвенные (подстилочные) насекомые, населяющие поверхность почвы (стафилины, коллемболы, жужелицы и т. д.);

4) **хортобионты** – обитатели травяного покрова: а) *эктобионты* – насекомые предпочитающие поверхность растений. Это разнообразная и обширная группа (фитофаги, энтомофаги и др.), б) *эндобионты* – обитатели толщи листьев, стеблей, бутонов, разрастаний тканей растений, вызванных насекомыми (галлов);

5) **тамнобионты** и **дендробионты** – обитатели кустарников и деревьев. Обе эти группы сливаются в единую категорию жизненных форм, поскольку насекомые, живущие как на деревьях, так и на кустарниках, имеют одинаковые черты приспособлений к внешней среде: а) *обитатели коры* (жуки и личинки короедов), б) *обитатели луба* (жуки и личинки лубоедов), в) *обитатели живой древесины* (жуки и личинки усачей, дровосеков);

б) **ксилобионты** – обитатели отмершей древесины (например, муравьи), как в различных фазах ее разложения, так и технической;

7) **гидробионты** – водные насекомые, которые подразделяются на ряд более специализированных жизненных форм.

Отмечая вышеназванные категории и крупные группировки жизненных форм насекомых, следует иметь в виду, что вполне установившейся классификации их еще не создано.

Литература:

Основная

1. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.
2. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
3. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
4. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Биологические типы Христиана Раункиера и современная ботаника: материалы Всерос. науч. конф. «Биологические чтения к 150-летию Х. Раункиера» / под ред. Н. П. Савиных и Ю. А. Боброва. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2010. – 419 с.
2. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений / Т. И. Серебрякова [и др.]. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 543 с.
3. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Изд-во МСЭ, 1989. – 408 с.
4. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.
5. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.
6. Пианка, Э. Эволюционная экология / Э. Пианка. – М.: Мир, 1981. – 399 с.
7. Радкевич, В. А. Животные и растения: Экологические очерки / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1980. – 176 с.
8. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

9. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

10. Яхонтов, В. В. Экология насекомых / В. В. Яхонтов. – М.: Высшая школа, 1969. – 488 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала опишите жизненные формы в классификации *Х. Раункиера*.

Жизненная форма	Примеры	Характеристика

Задание 2

Приведите ботанический спектр жизненных форм по *Х. Раункиеру* и укажите жизненные формы для каждой географической зоны.

Зоны	Фанерофиты	Хамефиты	Гемикри-тофиты	Крипто-фиты	Терофиты
Тропическая					
Пустынная					
Средизем-номорская					
Умеренная					
Арктическая					

Задание 3

Опишите жизненные формы насекомых по *В. В. Яхонтову*.

Жизненная форма	Примеры	Характеристика

Задание 4

На рис. 2.5 отметьте, какие изображены жизненные формы растений по *Х. Раункиеру*.

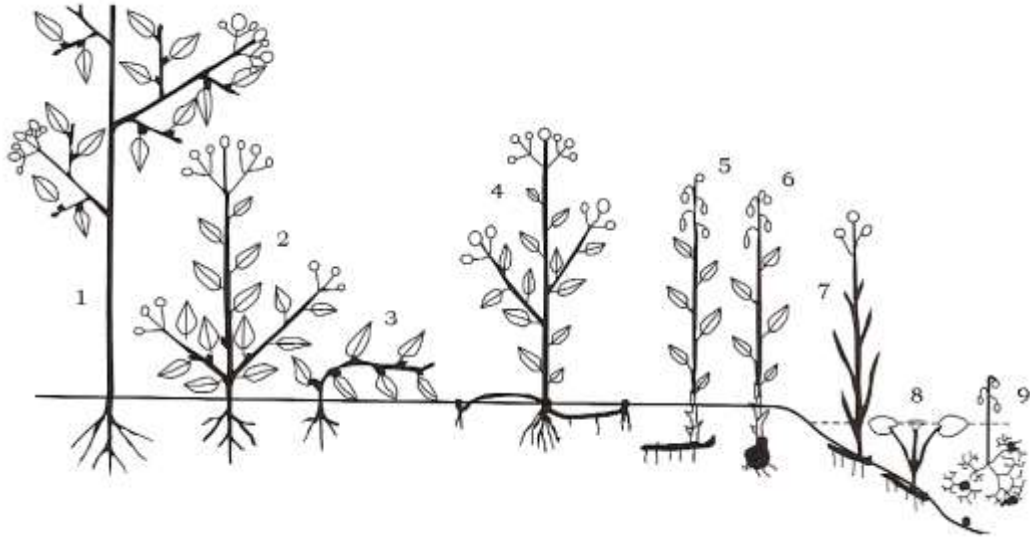


Рис. 2.5. Жизненные формы растений по Х. Раункиеру

Задание 5

Укажите, какая жизненная форма растений по Х. Раункиеру, назовите регионы произрастания и особенности жизненного цикла (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Жизненные формы растений

Задание 6

На рис. 2.7 отметьте, какие показаны жизненные формы растений по И. Г. Серебрякову.

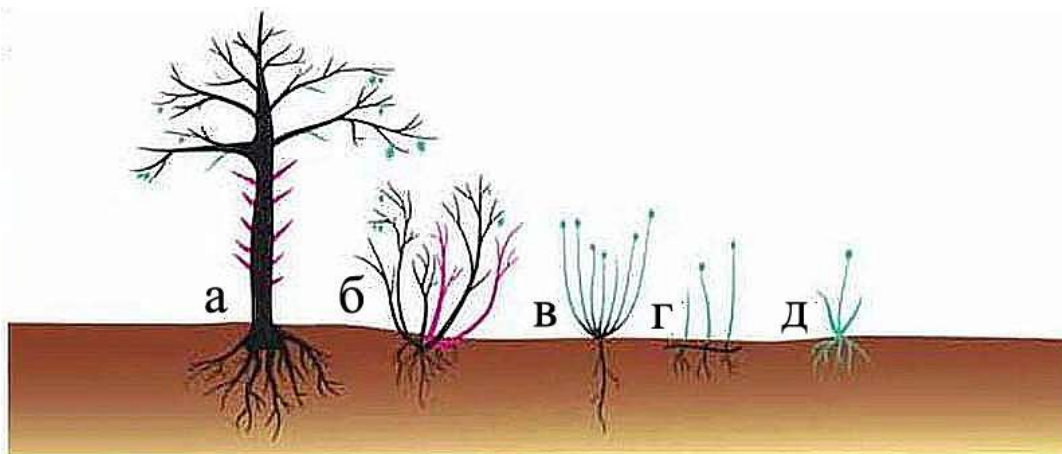


Рис. 2.7. Жизненные формы растений по И. Г. Серебрякову

Раздел III. ДЕМЭКОЛОГИЯ

Занятие 7–8. Учение о популяции.

1. Концепция популяции.

1.1. Определение популяции и ее общая характеристика как элементарной биосистемы.

1.2. Основные характеристики и критерии выделения популяций.

1.3. Границы популяций, степень обособленности и популяционная структура вида.

2. Структура популяций.

2.1. Пространственная структура.

2.2. Территориальность, оседлый и кочевой образ жизни.

2.3. Половая структура.

- 2.4. Возрастная структура, демографические пирамиды.
- 2.5. Этологическая структура и «эффект группы».
- 3. Динамические характеристики популяций.
 - 3.1. Биотический (репродуктивный) потенциал и его составляющие, емкость среды.
 - 3.2. Рождаемость.
 - 3.3. Смертность, кривые выживаемости.
 - 3.4. Гомеостаз и регуляция численности особей в популяции.
- 4. Типы стратегии жизни организмов.
 - 4.1. Система Маклиода - Пианки.
 - 4.2. Система Раменского - Грайма.
- 5. Принципы управления популяцией.

Теоретическая часть

Данный раздел курса посвящен учению о популяции. По масштабу и значимости его можно сравнить с учением В. И. Вернадского о биосфере. Выделение популяционного уровня организации живой материи способствовало стремительному появлению нового раздела биологии – популяционной экологии и сыграло решающую роль в практике рационального использования, воспроизводства и сохранения многих видов живых организмов.

Определение популяции. Поскольку не существует общепринятого определения популяции, то целесообразно рассмотреть эволюцию возникновения этого термина и его толкования.

Термин «*популяция*» происходит от латинского *populus* – народ, население и был введен датчанином **В. Йоганзен** (1903) для обозначения естественной группировки особей одного вида неоднородных генетически. Однако популяционная экология как наука начала складываться в 30-е гг. XX в. благодаря работам английского эколога **Ч. Элтона** (1946, 1958). Сам же термин «популяция» стал одним из ключевых в теории эволюции. Именно в этот период благодаря работам **Н. В. Тимофеева-Ресовского** (1969, 1973) оформился взгляд на популяцию как на элементарную эволюционную единицу, реагирующую на изменение состояния окружающей среды перестройкой своего генофонда.

Для сравнения приведем несколько наиболее популярных определений популяции. С позиций популяционной биологии

этому требованию наиболее соответствует определение, данное **А. В. Яблоковым** в 1987 г.: «...**популяция** – минимально самовоспроизводящаяся группа особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющая определенное пространство, образуя самостоятельную генетическую систему и формирующая собственное экологическое гиперпространство».

С позиции современной генетики «...**популяция** – это совокупность особей одного вида, имеющих общий генофонд и населяющих определенное пространство, с относительно однородными условиями обитания» (Реймерс, 1994).

В упрощенном виде экологическую популяцию, таким образом, можно определить как население одного вида на определенной территории. В настоящее время термин «популяция» используют в узком смысле слова, когда говорят о конкретной внутривидовой группировке, населяющей определенный биогеоценоз, и широко, общем смысле для обозначения обособленных групп вида независимо от того, какую территорию она занимает и какую генетическую информацию несет.

Следует четко помнить, что между отдельным организмом и популяцией имеется принципиальная разница. Отдельный организм рождается, растет, стареет и умирает, популяция же как структурная и функциональная единица вида существует столько, сколько существует сам вид.

Единственным носителем признаков популяции является группа особей, но не отдельные особи в этой группе. Особые свойства, присущие популяции, отражают состояние ее как группы организмов в целом, а не отдельных особей, т.е. свойство популяции как группы организмов не есть механическая сумма свойств каждой слагающей ее особи.

Далее следует перейти к рассмотрению общих характеристик популяции, как элементарной группировки особей.

Общая характеристика популяции как элементарной биосистемы. Популяции как групповые объединения особей одного вида обладают рядом специфических свойств или характеристик.

Численность. Это общее количество особей на выделяемой территории. Она зависит от биологической организации вида,

условий его местообитания и весьма динамична во времени. Диапазон средней численности популяций у разных групп организмов выражается **А. В. Яблоковым** (1987) следующими данными:

- *насекомые* – десятки тысяч – миллионы;
- *амфибии* – несколько тысяч – десятки тысяч;
- *рептилии* – несколько тысяч;
- *птицы* – несколько сотен – миллионы;
- *мелкие млекопитающие* – несколько сотен – несколько тысяч.

Численностью определяется степень гетерогенности особей, возможность формирования популяционных структур. Поэтому наиболее значимо утверждение, что численность популяции должна быть настолько большой, чтобы обладать способностью противостоять среде, но не малой настолько, чтобы потерять единство.

С численностью особей популяции связывается обычно, и величина ареала популяции (рис. 3.1).

У некоторых видов наземных моллюсков она не превышает нескольких гектаров или может ограничиваться всего лишь несколькими квадратными метрами; у рептилий, землероек, полевок, кротов, у большинства бабочек, некоторых древесных растений она составляет сотни метров; у птиц, летучих мышей, песцов дос-

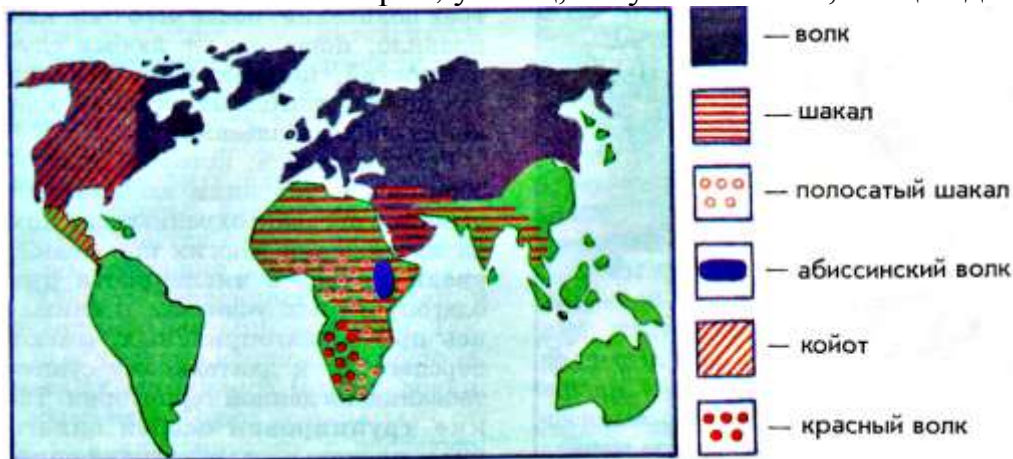


Рис. 3.1. Ареалы некоторых видов животных

тигает сотен километров.

Численность особей в популяции – одна из важных характеристик при экологических исследованиях, особенно когда речь

идет об исчезающих видах растений и животных. Она зависит от биологической организации вида, условий его местообитания и весьма динамична во времени. Назвать конкретно наиболее приемлемую численность особей той или другой популяции очень трудно. Тем более, что один учет отражает разовую, мгновенную численность популяции, которая может быстро меняться по разным причинам.

Плотность – число особей на единицу площади или объема, занимаемого популяцией пространства (главным образом земной поверхности) или же в единице объема (водная среда, экспериментальная культура).

Этот показатель хорошо иллюстрируют примеры. Например, 200 деревьев на 1 га, 50 человек на 1 км², 20 головастиков на 1 м³ воды. В некоторых случаях этот показатель оценивается через число встреч на маршруте движения животного (весенние учеты по пению самцов птиц, оценка популяций перелетных птиц, зимние учеты млекопитающих по следам на снегу и т. п.). Максимальная плотность для различных видов организмов и условий существования сильно варьирует.

Различают *среднюю плотность* – количество особей на единице всего пространства, и *экологическую плотность* – количество особей на единице обитаемого пространства. В чем различие между этими показателями можно понять из примера, приведенного **Ю. Одумом** (1975) для лесного аиста, обитающего в заповеднике во Флориде. «В этой местности плотность мелких рыб с падением уровня воды в течение сухого зимнего сезона в целом снижается, но экологическая плотность возрастает, так как по мере сокращения зеркала воды увеличивается число рыб, приходящихся на единицу водной поверхности. Аисты откладывают яйца в такое время, что появление птенцов приходится на период пика экологической плотности рыб. Это облегчает родителям ловлю рыбы, которая составляет основную пищу птенцов».

Рождаемость – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения.

Смертность – количество погибших в популяции особей за единицу времени.

Прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью. Прирост может быть как положительный, так и отрицательный. Темп роста – средний прирост за единицу времени.

Популяции обладают также генетическими характеристиками – *способностью к адаптации и способностью в течение длительного времени производить потомство.*

Степень обособленности и популяционная структура вида. Здесь следует сказать о том, что популяционную структуру вида определяют и биологические особенности самих организмов: пищевая активность, подвижность, степень привязанности к территории, способность преодолевать естественные преграды.

Акцентируем внимание на основных моментах, характеризующих популяционную структуру.

Во-первых, если популяции постоянно перемещаются и перемешиваются на обширных пространствах, такой вид характеризуется небольшим числом крупных популяций. Большими миграционными способностями отличаются, например, северные олени и песцы. Результаты мечения показывают, что песцы перемещаются за сезон на сотни, а иногда более чем на тысячу километров от мест размножения. Границы между популяциями таких видов проходят обычно по крупным географическим преградам: широким рекам, проливам, горным хребтам и т. п. В некоторых случаях подвижный вид при относительно небольшом ареале может быть представлен одной единственной популяцией, например, кавказский тур, стада которого постоянно кочуют по двум основным хребтам этого горного массива.

Во-вторых, при слабо развитых способностях к перемещению в составе вида формируется множество мелких популяций, отражающих мозаичность ландшафта. Таким образом, можно сделать вывод, что *у растений и малоподвижных животных число популяций находится в прямой зависимости от степени разнородности среды.*

В-третьих, – противоположный вариант – это сплошное заселение видом обширных территорий. Такой характер распространения свойствен, например, малым сусликам в сухих степях и полупустынях. В этих ландшафтах плотность их населения повсеместно высока. Здесь вычленить границы между популяциями

можно лишь условно, между областями с разной плотностью населения.

В-четвертых, в пределах одного и того же вида могут быть популяции как с хорошо различимыми, так и со смазанными границами. У известного вредителя зерновых культур – клопа-черепашки через 2,5–3 месяца после выхода из яиц и активного питания на полях начинается отлет в леса предгорий, за десятки и сотни километров, где клопы залегают до следующей весны под слой древесного опада. Дальность перелетов зависит от степени упитанности особей, и в результате на одних и тех же зимовках смешиваются клопы из разных мест.

Следует обратить внимание на то, что, как правило, популяции не являются полностью независимыми друг от друга. Степень их независимости разная. У северного лесного муравья различают в популяции ядро, где высокая плотность особей, и периферию, где численность небольшая. В ядро не попадают муравьи из соседних популяций, а одиночные встречи в периферийной части не приводят к существенному обмену генов между популяциями. У других более открытых популяций гены постоянно вносятся путем иммиграции.

В природных условиях возможна и абсолютная изоляция, ведущая в конечном итоге к полной генетической изоляции. В природных условиях встречаются популяции с относительно небольшими по площади и четко очерченными ареалами. Например, реликтовые популяции нескольких видов так называемых ледниковых реликтовых ракообразных, изолированно обитающих в нескольких озерах Белорусского Поозерья: лимнокалаянус (*Limnocalanus macrurus*), реликтовая мизида (*Mysis relicta*), бокоплав Палласа (*Pallasea quadrispinosa*), понтопорей (*Pontoporeira affinis*). Абсолютная изоляция характерна также видам-интродуцентам в условиях культуры, т. е. интродукционным популяциям. В 1982 г. в водоем-охладитель Березовской ГРЭС был целенаправленно вселен субтропический вид – восточная речная креветка (*Macrobrachium nipponense*) (рис. 3.2). Интродуцент успешно натурализовался в новых условиях обитания и в настоящее время в этом водоеме сформировалась своя популяция теплолюбивых креветок.



Рис. 3.2. Восточная речная креветка (яйценосная самка).

Что же касается границ популяции, то популяция как биологическая система при всей целостности своего существования в основном не обладает линейно выраженными границами, хотя определение таких границ представляет практический интерес в связи с пониманием популяции как единицы управления биологическим разнообразием. Границы популяции более прерывисты и определяются не столько физическими факторами среды, сколько степенью связей между особями. Четко выраженные, пространственные границы встречаются скорее как исключение и характерны для популяции в условиях ее полной изоляции.

Критерии для выделения популяций, образующих вид. Изучая основные характеристики популяции, необходимо представлять отличительные особенности, благодаря которым различают внутривидовые популяции.

Н. П. Наумов (1963) на примере млекопитающих рассматривает вид как иерархическую систему популяций различных рангов. Его классификация основывается на *ландшафтно-биотопическом подходе* к определению популяционных единиц, когда выделяются популяции, которые отличаются общностью приспособлений к климату и ландшафту, т. е. один ландшафт – одна популяция, другой ландшафт – другая популяция (например, одно озеро – одна популяция окуня, другое озеро – другая; хвойный лес – одна популяция белки, лиственный лес – другая).

Наиболее крупные территориальные группировки вида – *подвиды* или географические расы. Система подвидов и масштабы за-

нимаемой ими территории зависят от биологических особенностей вида. Ареалы подвидов у подвижных форм могут быть очень велики. В их пределах на территориях с однородными географическими условиями выделяются *географические популяции*, отличающиеся общностью приспособлений к климату и ландшафту. Они, в свою очередь, состоят из более мелких популяций, населяющих различные участки среды.

К популяциям низшего ранга применяют разные наименования: *экологические, биотопические, местные, локальные, элементарные и т. д.* Такие популяции могут быть временными и нестабильными. Чем ниже ранг популяций, тем более тесная связь между соседними популяциями, больше степень обмена особями, менее выражены отличительные особенности. Наиболее сильные различия наблюдаются между группировками подвидового ранга. Они затрагивают не только физиологические и поведенческие черты отдельных особей, но и наследственно закреплены в некоторых чертах их морфологии. Связи между популяциями различных рангов обеспечивают единство вида и обогащение его наследственного фонда.

Академик **С. С. Шварц** (1969) и его школа обосновали другой, историко-генетический подход к выделению природных популяций. С этой точки зрения популяция как генетическое единство можно выделять только у видов с половым размножением и перекрестным оплодотворением. Обязательным признаком популяции считается также ее способность к самостоятельному существованию на данной территории в течение неопределенно долгого времени за счет размножения, а не притока особей извне. Временные поселения разных масштабов не относятся к разряду популяций, а считаются внутрипопуляционными подразделениями. С этих позиций вид представлен не иерархическим соподчинением, а пространственной системой соседствующих популяций разных масштабов и с разной степенью связей и изоляции между ними.

Динамические характеристики популяции. Характеризуя динамические характеристики популяции, необходимо, прежде всего, обратить внимание на такие показатели, как биотический потенциал, рождаемость и смертность, и уяснить их роль в прогнозе будущего членов популяционных группировок.

Любая популяция способна к неограниченному росту численности, если ее не лимитируют факторы внешней среды. В таком гипотетическом случае скорость роста популяции будет зависеть только от величины *биотического потенциала*. Это условный показатель, специфический для каждого вида: «...количество потомков, производимых за каждый цикл размножения в течение жизни при отсутствии лимитирующих факторов».

Величина биотического потенциала чрезвычайно различна у разных видов. Например, самка косули способна произвести за всю жизнь 10–15 козлят, самка медоносной пчелы – 50 тыс. яиц, американская устрица способна отложить более 100 млн яиц, а луна-рыба – до 3 млрд икринок. В природе биотический потенциал никогда не реализуется полностью и будет зависеть от многих факторов: обеспеченность пищей, эпизоотии (эпидемии), свободное пространство, враги и т. д.

Например, в конце 60-х гг. XX в. в лиственных лесах штата Индиана было тщательно исследована 170 гнезд, принадлежавших 12 видам птиц. В гнезда было отложено 598 яиц. Однако вылупился лишь 231 птенец, что составило только 39%. До вылета из гнезд дожило всего 105 особей. Основной причиной гибели были хищники, главным образом змеи и мелкие млекопитающие, и гораздо в меньшей степени паразиты и неблагоприятная погода (Фарб, 1971).

Реальная величина биотического потенциала обычно складывается как разность между рождаемостью и смертностью в популяциях за один и тот же период времени.

Рождаемость. Это число новых особей, появляющихся в популяции за единицу времени в расчете на определенное число ее членов. Различают рождаемость абсолютную (физиологическую) и реализуемую (экологическую).

Абсолютная рождаемость – это теоретически возможное максимальное количество особей, которые могли бы появиться в популяции при отсутствии лимитирующих факторов, когда размножение ограничивается только физиологическими возможностями.

Экологическая рождаемость – это количество особей, которые появились в популяции при фактических условиях среды.

Следует отметить, что если абсолютная рождаемость – величина постоянная, то экологическая изменяется и зависит от половой и возрастной структуры популяции на данный момент и факторов среды.

Наиболее часто величину рождаемости оценивают как число отрожденных на тысячи особей в популяции (без учета пола и возраста) в год. Например, если в популяции десятиногих раков из какого-либо водоема, численность которых составляет примерно 500 тысяч особей появилось 10 тысяч новорожденной молодежи за год, то рождаемость в этой популяции составит 20 особей на тысячу.

Иногда рассчитывают и так называемую *удельную рождаемость* как число вновь появившихся особей в единицу времени на одну особь в популяции. Расчет ведется на всю численность особей в популяции. Поэтому при большой доле особей послерепродуктивного возраста удельная экологическая рождаемость будет ниже.

Для оценки рождаемости большую роль играет *плодовитость* особей в популяции, которая в свою очередь зависит от *степени заботы о потомстве* или обеспеченности яиц питательным материалом. Таким образом, у видов, оберегающих и выкармливающих свой молодняк, плодовитость резко понижена. Размер кладки у птиц разных видов варьирует уже не в тысячи раз, как, например, у морских видов рыб, которые выметывают мальков прямо в толщу воды, оставляя их на произвол судьбы, а в пределах от одного яйца (у некоторых хищников, пингвинов, чистиков и др.) до 20–25 (максимальное количество яиц у куриных, например, у серой куропатки).

Большая величина плодовитости вырабатывается у видов в условиях более высокой смертности, особенно при сильном прессе хищников. Ее высокое значение компенсирует высокую норму гибели особей в популяциях. Поэтому при высокой плодовитости рост численности популяции может быть весьма низким. В различных популяциях одного вида плодовитость обычно тем выше, чем более неблагоприятны занимаемые ими места обитания. Так, у многих млекопитающих – зайцев, мышей, полевок – число детенышей в помете на границах ареала больше, чем в его центре.

Смертность – величина, обратная рождаемости. Это число умерших или погибших в популяции особей за единицу времени. Подобно рождаемости, смертность можно выразить числом особей, погибших за данный период (число смертей в единицу времени) или же в виде удельной смертности для всей популяции или ее части.

При определении смертности популяции учитываются все погибшие особи независимо от причины смерти (умерли ли они от старости или погибли в когтях хищника, отравились ли ядохимикатами или замерзли от холода и т. д.). Для анализа роста численности популяции обычно пользуются данными, отражающими величину смертности. Для этого составляют так называемые таблицы и кривые выживания и определяют, как смертность распределяется по возрастам.

Различают *экологическую*, или *реальную*, смертность – гибель живых организмов в данных условиях среды в этот же отрезок времени, при котором популяция не подвергается воздействию неблагоприятных факторов, т. е., когда члены популяции умирают только от старости. Возраст, в котором особи умирают от старости, называется *физиологической продолжительностью жизни* и она намного превышает *экологическую продолжительность жизни*, когда живые организмы испытывают реальное воздействие окружающей среды.

Следует обратить внимание на то, что исследуя величину смертности в различных популяциях, анализируют так называемые кривые выживания, которые впервые определил американский демограф **Р. Перл** в 1928 г.

У видов, для которых роль внешних факторов в смертности невелика, кривая выживания характеризуется небольшим понижением до определенного возраста, после которого происходит резкое падение вследствие естественной (физиологической) смертности. Кривая данного типа довольно выпуклая и соответствует ситуации, при которой смертность ничтожно мала в течение большей части жизни, но затем резко возрастает, и за короткий срок наблюдается гибель всех особей (крупные животные, человек).

Бабочки поденки, дрозофилы некоторое время после выхода из куколок спариваются, а после откладывания яиц в массе гибнут. Обычно считают, что к такой кривой приближается выжива-

ние человека в высокоразвитых индустриальных странах. Этот тип носит название *типа дрозофилы*.

Кривая *типа гидры* представляет собой диагональ, приближающуюся к прямой линии, и соответствует постоянной, т. е. независимой от возраста, смертности в течение всей жизни. Данный тип кривой выживания встречается среди рыб, пресмыкающихся, птиц, многолетних травянистых растений.

Для очень многих видов характерна высокая смертность на ранних стадиях онтогенеза. Кривая этого типа сильновогнутая и отражает массовую гибель особей в начальный период жизни, а затем относительно низкую смертность оставшихся организмов. У таких видов кривая выживания характеризуется резким падением в области младших возрастов. Особи, переживающие «критический» возраст, демонстрируют низкую смертность и доживают до больших возрастов. Данный тип кривой называют *типом устрицы*, потому что у этого моллюска на одной из стадий развития имеется планктонная личинка, и именно на этой стадии наблюдается чрезвычайно высокая смертность особей.

Гомеостаз популяций. Регуляция численности. Поддержание определенной стабильной плотности получило название *гомеостаза популяции*. Плотность популяции обычно имеет определенный оптимум. При любом отклонении численности от этого оптимума начинают действовать механизмы ее внутрипопуляционной регуляции. Одним из основных механизмов, способствующих установлению гомеостаза (устойчивой стабильности), служит действие *независимых и зависимых от плотности факторов*.

Факторы, не зависящие от плотности. Это факторы, действующие постоянно. Как правило, это абиотические факторы, которые губительны для многих организмов и особенно особей, не достигших устойчивой фазы развития: экстремальное воздействие температуры, интенсивности освещения, наводнения или иссушения почвы, неблагоприятные погодно-климатические явления (ураганы, тайфуны, цунами, уровень снежного покрова и т. д.). Следует заметить, что на пойкилотермных животных климатические факторы оказывают непосредственное и более сильное воздействие, чем на гомойотермных. Обладая более совершенными физиологическими механизмами, теплокровные организмы стано-

вятся относительно независимыми от неблагоприятного воздействия внешней среды.

Независимо от плотности проявляют себя и другие факторы. Так, количество дупел в деревьях в том или ином лесу обуславливает численность птиц, которые в них гнездятся, и количество дупел никак не зависит от плотности популяции дуплогнездников. С другой стороны, жизненное пространство может ограничивать численность популяции. Например, численность ондатры резко сокращается, если она не находит подходящих местообитаний.

Однако действия многих факторов становятся более жесткими по мере увеличения плотности популяции. **Такие факторы относятся к зависимым от плотности.** Прежде всего, это конкуренция, обостряющаяся при возрастании плотности, а также пресс хищников, паразитарная ситуация и, наконец, самый мощный фактор – наличие пищи. Действие этих факторов, находящихся в сложных взаимодействиях, как правило, приводит к равновесной плотности, при которой численность популяции перестает увеличиваться. Влияние этих факторов может быть прямым и косвенным и проявляться через обилие урожая, недоступность ресурса.

С данным видом факторов связаны популяционные механизмы регуляции численности популяции.

У животных жесткая регуляция плотности проявляется обычно в тех случаях, когда запасы пищи, воды или других ресурсов резко ограничены, а животные не способны к поискам пищи на другой территории, либо эти поиски неэффективны. В этой связи можно выделить несколько механизмов регуляции численности:

1) *каннибализм*. В пресноводных озерах, где нет других видов рыб, окунь или щука переходят на поедание друг друга, т. е. молодки, которая живет за счет зоопланктона, к которой взрослые особи не приспособлены. Каннибализм возникает иногда в период длительного голодания и в популяциях хищных млекопитающих и человека в том числе;

2) *химическое воздействие особей*. Так, вода аквариума, в котором содержались в большом количестве дафнии, способна задерживать рост представителей того же вида в течение нескольких суток. Выделение в окружающую среду продуктов, задерживающих рост, обнаружено и у многих растений и особенно у рыб;

3) *изменения физиологии и поведения, которые приводят к миграции*. В результате происходит выселение большей части популяции за пределы территории, занимаемой в оседлый период. Например, в годы массового размножения саранчи ее личинки приобретают так называемую «стадную форму» и способность активно передвигаться вместе с взрослыми особями гигантскими стаями, разлетаясь на сотни километров. К этому способны в меньшей степени и другие насекомые (непарный шелкопряд) и даже некоторые млекопитающие: описаны нашествия крыс, тундровых леммингов, белок;

4) *территориальное поведение*. Территориальное поведение, которое выработалось в ходе эволюции как система инстинктов, – эффективный механизм сдерживания численности популяции на данном пространстве. В этом плане охрана собственного участка не допускает размножения на них «чужих особей», приводит к выселению не размножающихся особей за пределы занятой территории. Выселение как ответная реакция на растущую плотность свойственна многим видам птиц и млекопитающим.

И, наоборот, при снижении численности популяции наблюдаются миграции из других популяций, чтобы занять освободившиеся экологические ниши. Но, однако, существуют такие минимальные пределы численности, при которых виды уже не в состоянии сохраниться.

У растений регуляторными механизмами численности популяций служит, прежде всего, внутривидовая конкуренция. Регуляция плотности популяции у растений ввиду особенностей их роста происходит обычно не только путем изменения численности особей на единице площади, но и посредством изменения вегетативной мощности каждого. В загущенных посевах растения менее облиственные, с меньшим количеством побегов. Общая их масса при увеличении плотности посевов сначала возрастает пропорционально количеству высеянных семян, а затем остается на постоянном уровне, тогда как средняя масса отдельных особей соответственно уменьшается. В данном случае стабилизируется не число особей в популяции, а общая листовая фотосинтезирующая поверхность растений.

Концепции жизненных стратегий. Типы стратегий жизни (поведения) организмов являются одной из самых важных оценок

экологии вида, популяции, поэтому на изучение этого раздела необходимо обратить особое внимание. Интегральная оценка жизненных стратегий отражает жизненные циклы, жизненные формы и экологические группы живых организмов внутри популяции, а также позволяет объяснить его реакцию на стресс, вызываемый абиотическими и биотическими факторами. Для каждого типа стратегии характерен свой комплекс адаптивных признаков.

Система Маклюода – Пианки. Первым исследователем стратегии растений, видимо был *Дж. Маклюод*, который в 1884 г. разделил растения по способу выживания на пролетариев и капиталистов. Разумеется, столь экстравагантное название для типов было данью моде (именно в этот период в Европу пришел марксизм), тем не менее, аналогии *Дж. Маклюода* весьма удачны.

Растения-капиталисты затрачивают основную энергию на поддержание взрослых особей, накапливая к зиме фитомассу многолетних тканей – древесных стволов и ветвей, корневищ, клубней, луковиц и тратя меньше сил на репродуктивное усилие, выживают благодаря наличию зимующих органов с запасом органических веществ, позволяющих переживать неблагоприятные условия. К ним относятся многолетники, которые многократно дают потомство (подорожник) (рис. 3.3а).

Растения-пролетарии, напротив, зимуют в стадии семян, т. е. без капитала, так как при этом типе стратегии энергия затрачивается на размножение. Это однолетники, которые образуют большое количество семян и выживают за счет того, что всегда какая-то их часть попадает в благоприятные условия (гайлардия) (рис. 3.3б).

Спустя 8 десятилетий *П. Макартур* и *У. Уилсон* в 1967 г. заново открыли типы стратегий, описав их как результат двух типов отбора видов: *r*- и *K*- отбора. Позднее представления об этих типах отбора подробно разработал *Э. Пианка* (1981):



a



б

Рис. 3.3. Пролетарии (*a*) и капиталисты (*б*)

– *r-отбор* – это эволюция организмов в направлении увеличения затрат на размножение. Популяция *r*-стратегов состоит из мелких организмов с высоким вкладом в размножение и коротким жизненным циклом (домовая мышь, рыжий таракан, домашняя муха);

– *K-отбор* направлен на поддержание жизни взрослого организма. Популяции *K*-стратегов – крупные организмы, живущие в стабильных, «предсказуемых» условиях, при этом, как правило,

отмечается забота о потомстве, количество которого ограничено (слон, лев, тигр). Несмотря на то, что стратегии *r*- и *K*-отбора были разработаны для животных, они в целом соответствовали стратегии растений – *пролетариям* и *капиталистам*.

Э. Пианка (1981) подчеркнул, что «мир раскрашен не только в черное и белое», в природе преобладают организмы с переходными типами стратегий (между *r*- и *K*-отборами). Это дает основание называть одномерную классификацию стратегий по вкладу энергии в репродуктивное усилие (вклад организма в каждый данный акт размножения) *системой Маклиода – Пианки*.

Система Раменского – Грайма. Второй вариант типов стратегий отражает не только возможности выживания при разных затратах энергий на репродуктивное усилие (размер этого усилия коррелирует со степенью нарушенности местообитания), но и адаптации растений к условиям разной степени благоприятности.

Л. Г. Раменский (1938) разделил все виды растений на три ценобиотических типа (в это время термин «стратегия» еще не вошел в обиход экологов), различающихся по особенностям их отношений к другим компонентам и способности к совместному произрастанию в фитоценозах, и образно их охарактеризовал в работе «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земли»:

«V». *Виоленты (силовики, львы)*. Энергично развиваясь, они захватывают территорию и удерживают ее за собой, подавляя, заглушая соперников энергией жизнедеятельности и полной использования ресурсов среды». К ним относятся основные ценообразующие растения, соответствующие эдификаторам, это мощные растения, чаще деревья, кустарники или высокие травы, которые произрастают в благоприятных условиях (полное обеспечение водой, теплый климат) при отсутствии нарушений. Виоленты всегда абсолютно доминируют в фитоценозах, примесь других видов незначительна. Пример типичного виолента – ель, бук.

При ухудшении условий (просыхание почвы, засоление и т. д.) или их нарушениях (рубка леса, высокие рекреационные нагрузки, пожары, воздействие техники) «львы» растительного мира погибают, поскольку не приспособлены для выживания под воздействием неблагоприятных факторов. Чистый виолент редкость. В природе встречаются вторичные типы стратегий – переходные

формы от виолента к другим типам стратегий.

«Р». *Пациенты (выносливцы, верблюды)*. В борьбе за существование они берут не энергией жизнедеятельности и роста, а своей выносливостью к крайним, суровым условиям (постоянным и временным) – засолению, кислой реакции почвы, резкой переменности увлажнения и т. д. Пациенты достигают господства в условиях крайних и для них же часто менее благоприятных, при этом иногда чрезвычайно различных.

Яркими примерами могут быть: сосна, как известно, населяющая пески, торфяники и меловые склоны; тростник, господствующий в водоемах солончаковых и самых пресных, с чрезвычайно мало минерализованной водой (моренные озера севера), у сильно волноприбойных берегов, на участках степного характера (с близкими грунтовыми водами), в условиях позднего и долгого затопления (плавни) и т. д. Тростник – прямо специалист по разнообразным трудным условиям, настоящий земноводный верблюд. Пациентами являются почти все лишайники.

«Е». *Эксплеренты (выполняющие, шакалы)*. Фигурально уподобляющиеся «шакалам», имеют очень низкую конкурентную мощь, но зато они способны очень быстро захватывать осваиваемые территории, заполняя промежутки между более сильными растениями; так же легко они и вытесняются последними. Эксплеренты достигают господства в условиях более или менее пионерных, с резко ослабленной конкуренцией (овражные выносы, поздно обнажающиеся берега, отмели и т. д.). К эксплерентам относятся, с одной стороны, возобновляющиеся семенами и спорами одно-, двулетники, с другой – многие многолетники, стелющиеся, с ползучими корневищами, корнеотпрысковые, например, горец земноводный. Это растения с высоким репродуктивным усилием (по терминологии Макклиода – пролетарии).

Вторичные типы стратегий. Многим видам присущи вторичные стратегии, т. е. они, сочетают признаки синдромов двух или трех первичных типов стратегий. Видов стратегий с вторичными типами стратегий больше, чем видов с первичными типами стратегий. Примером вида, имеющего стратегию виолент – пациент (*CS*), является сосна, которая хорошо растет на бедных песчаных почвах. Примером вида, имеющего стратегию виолент – рудерал (*CR*), является ольха серая, которая разрастается на выруб-

ках, и крапива двудомная – обычный доминант почв, богатых азотом. Виды со стратегией рудерал – пациент (*RS*) можно наблюдать на вытопанных площадках (овсяница овечья). Большинство луговых и степных растений представляет смешанный тип стратегии – *CRS*, т. е. сочетают в своем поведении черты виолентности, патиентности и эксплерентности (ковыль, типчак).

Вторичные типы стратегий отражает триангулярная схема **Раменского - Грайма**, в углах которой находятся типы первичных стратегий (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Эколого-фитоценотические типы стратегий по **Раменскому-Грайма**

Литература:

Основная

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2 т. Т. 1 / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
2. Гричик, В. В. Экология и рациональное природопользование: учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. В. Камлюк, Г. А. Семенюк; под ред. В. В. Гричика. – Минск: БГУ, 2013. – 207 с.
3. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. школа, 1998. – 159 с.
4. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир. – 1975. –

744 с.

5. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. школа, 2013. – 462 с.

6. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Галковская, Г. А. Популяционная экология / Г. А. Галковская. Минск: Изд-во Гревцова, 2009. – 229 с.

2. Гиляров А. М. Популяционная экология: учеб. пособие / А. М. Гиляров. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.

3. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.

4. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.

5. Пианка, Э. Эволюционная экология / Э. Пианка. – М.: Мир, 1981. – 400 с.

6. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

7. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

8. Яблоков, А. В. Популяционная биология: учеб. пособие / А. В. Яблоков. – М.: Высшая школа, 1987. – 303 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала опишите различные типы распределения особей в пространстве.

Тип распределения	Примеры	Характеристика

Задание 2

Проанализируйте этологическую структуру популяции.

Образ жизни	Примеры	Характеристика

Задание 3

Охарактеризуйте образ жизни оседлых и кочующих особей.

Образ жизни	Примеры	Характеристика

Задание 4

Опишите ценобиотические типы растений по *Раменскому – Грайму*.

Ценобиотический тип	Примеры	Характеристика

Задание 5

Укажите типы распределения особей в пространстве (рис. 3.5) и приведите примеры.

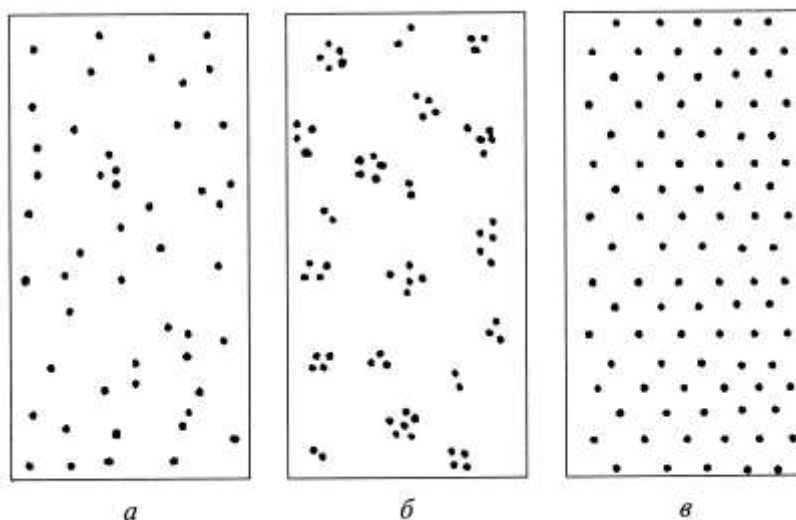


Рис. 3.5. Распределение особей в пространстве

Задание 6

Проанализируйте кривые выживания (рис. 3.6) и приведите примеры.

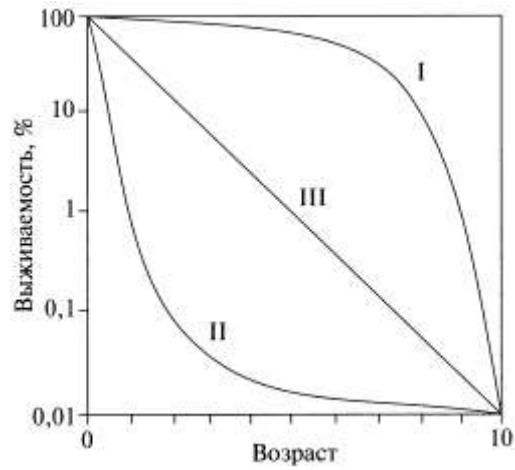


Рис. 3.6. Кривые выживания

Задание 7

Укажите, какие растения (рис. 3.7) относятся к тому или иному типу стратегий жизни по *Раменскому – Грайму*, и охарактеризуйте их:

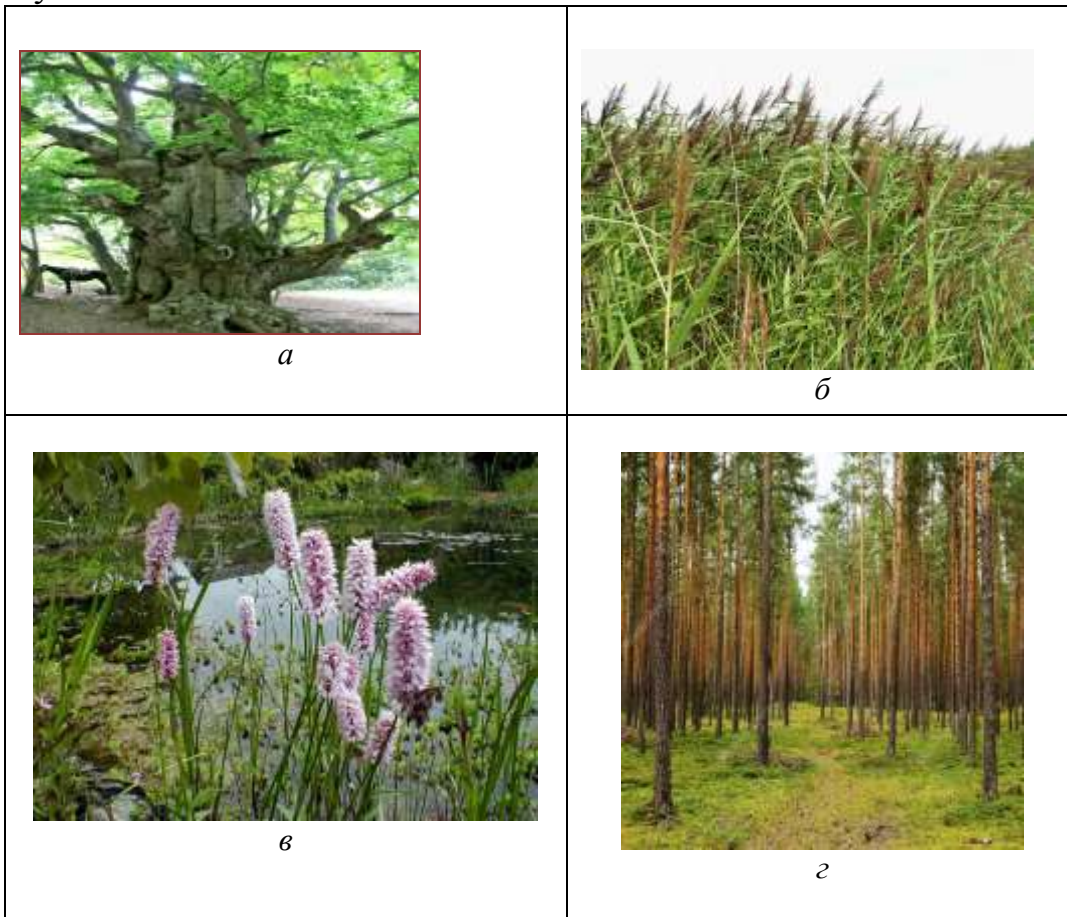




Рис. 3.7. Типы стратегии жизни растений

Задание 8

Обозначьте и назовите вторичные эколого-фитоценотические типы стратегий (рис. 3.3).

Раздел IV. СИНЭКОЛОГИЯ

Занятие 9-10. Общая характеристика биоценоза

1. Концепция биоценоза (сообщества).
 - 1.1. Общая характеристика биоценоза.
 - 1.2. Биотоп. Биотопические принципы А. Тиннемана.
 - 1.3. Понятие экотона и краевого эффект.
2. Структура и функциональные особенности биоценоза.
 - 2.1. Экологическая структура. Правило Джордана.
 - 2.2. Видовая структура.
 - 2.3. Эдификатор и его средообразующая роль.
 - 2.4. Видовое разнообразие сообщества. Индексы видового разнообразия.
 - 2.5. Вертикальная структура (ярусность).
 - 2.6. Горизонтальная структура (мозаичность).
3. Типы и формы биоценологических связей.
 - 3.1. Взаимосвязи популяций в биоценозах в классификации Ю. Одума.
 - 3.2. Связи между организмами (классификация В. Н. Беклемишева).
4. Экологическая ниша.
 - 4.1. Развитие понятия экологическая ниша. Ниша фундаментальная и реализованная.
 - 4.2. Правила конкурентного исключения и обязательности заполнения экологических ниш.
5. Консорция.
 - 5.1. Понятие континуума.
 - 5.2. Консорция и ее структура, концентры.
 - 5.3. Роль биоценологических связей в формировании консорции.
6. Агроценозы и их характеристика.

Теоретическая часть

Проблема строения и функционирования природных сообществ и биоценозов, трансформированных человеком, является

одной из центральных в экологии, поэтому ее изучению следует уделить особое внимание. Сначала надо составить ясное представление, что понимают под термином «сообщество», или «биоценоз», а далее приступить к изучению структуры и общих закономерностей данной биосистемы.

Концепция биоценоза. Понятие «*биоценоз*» было предложено в 1877 г. немецким зоологом *К. Мебиусом*, который, изучая устричные банки (морские мелководья), пришел к выводу, что каждая из них представляет собой сообщество живых существ, члены которого находятся в тесной взаимосвязи. «Каждая устричная банка является сообществом живых существ, собранием видов и скоплением особей, которые находят здесь все необходимое для их роста и существования, т. е. соответствующий грунт, достаточно пищи, надлежащую соленость и благоприятную для их развития температуру... Наука, однако, не имеет слова, которым такое сообщество живых существ могло бы быть обозначено; нет слова для обозначения сообщества, в котором сумма видов и особей, постоянно ограничиваемая и подвергающаяся отбору под влиянием внешних условий жизни, благодаря размножению непрерывно владеет некоторой определенной территорией. Я предлагаю для такого сообщества слово "*биоценозис*".».

В настоящее время одним из удачных определений биоценоза служит определение американского эколога *Р. Уиттекера*, которое он привел в своем фундаментальном труде «Сообщества и экосистемы».

Биоценоз – это сочетание популяций растений, животных, микроорганизмов и грибов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды и образующих тем самым особую живую систему со своими собственными составом, структурой, взаимоотношениями со средой, развитием и функциями.

Ю. Одум (1975): «...*биотическое сообщество* – это любая совокупность популяций, населяющих определенную территорию или биотоп и функционирующая как единое целое благодаря взаимосвязанным метаболическим превращениям».

Организация и распространение биоценозов. При описании структуры и функциональных особенностей биоценозов необходимо обратить внимание на некоторые общие положения:

– жизнедеятельность наземных биоценозов возможна лишь

при обязательном поступлении лучистой энергии солнца и зависит от взаимодействия составляющих его популяций живых организмов;

– сообщества могут быть четко ограничены и отделены друг от друга. Это наблюдается в тех случаях, когда их местообитания резко отличаются, но в основном биотические сообщества постепенно переходят одно в другое без резко очерченных границ;

– никакой биоценоз не может развиваться вне и независимо от окружающей среды, в результате складывается взаимно приспособленный комплекс живых и неживых компонентов;

– общей закономерностью географического распространения биоценозов является сформулированное *А. Уоллесом* в 1859 г. **правило Уоллеса**: видовое разнообразие сообществ по мере продвижения с севера на юг увеличивается;

– в рамках крупных биоценозов можно вычленилть более мелкие сообщества (гниющий пень в лесу, дупло с его обитателями).

Термин «биоценоз» в современной экологической литературе чаще употребляют применительно к населению территориальных участков, которые на суше выделяют по относительно однородной растительности (обычно по границам растительных ассоциаций), например, биоценоз: ковыльной степи, суходольного луга, ельника-кисличника, сосняка-беломошника, дубравы пойменной, дубравы крупнотравной. При этом имеется в виду вся совокупность живых существ – растений, животных, микроорганизмов, приспособленных к совместному обитанию на данной территории.

Основные компоненты биоценоза. Чтобы упростить изучение биоценоза, его условно можно разделить на отдельные компоненты:

- 1) *фитоценоз* – растительность;
- 2) *зооценоз* – животный мир;
- 3) *микробоценоз* – микроорганизмы;
- 4) и в последнее время выделяется сообщество грибов – *микоценоз*.

Однако следует помнить, что такое дробление приводит к искусственному выделению из единого природного комплекса группировок, которые самостоятельно существовать не могут. Ни в одном местообитании не может быть динамической системы, которая бы состояла только из растений, только из животных или

только из грибов. Сообщество может состоять главным образом из животных (коралловый риф) или из растений (еловый лес), а может, как это бывает в степях, изобиловать и растениями, и животными.

Особо необходимо подчеркнуть то, что основу наземных сообществ составляет его растительная часть – фитоценоз. И конечно, в рамках некоторых сообществ возможно вычленение как бы подсообществ. Так, гнилой пень, дупла деревьев – это прибежище не только определенных видов птиц – дятлов, сорок, поползней, – но и различных пресмыкающихся, комаров.

Фитоценоз – структурно-фундаментальная основа биоценоза, представляющая собой исторически сложившееся сообщество растений определенных видов в связи с одинаковыми климатическими условиями, однообразными горными породами и рельефом на почвах одного типа.

Структура и функционирование биоценоза определяется в первую очередь строением, видовым составом, соотношением жизненных форм и функционированием фитоценоза. Каждый фитоценоз отличается от соседних составом растений, строением по вертикали (ярусность), характером взаимовлияний между растениями, своим типом круговорота вещества и потоком энергии.

Учение о фитоценозе сложилось в самостоятельную научную отрасль – *фитоценологию*. Термин был введен ботаником и энтомологом **И. К. Пачоским** в 1915 г.

Зооценоз – часть биоценоза, сообщество животных, объединенных общей территорией. Включает разные таксономические и экологические группы, всегда состоит из нескольких поколений животных.

Каждый зооценоз характеризуется определенным составом животных и их взаимоотношениями с окружающей биотической и абиотической средой. Зооценоз, как и фитоценоз, – структурно-функциональный компонент биоценоза, неотделим от него и неразрывно связан с фитоценозом. Поэтому изменения в одном из них влекут за собой смену всего биоценоза.

Животные, несмотря на то, что их биомасса может быть очень мала, играют в биоценозах, безусловно, важную роль регуляторов всех процессов. Растительные виды определяют состав фитоценозов, способствуют или препятствуют распространению

нию растений. В свою очередь, хищники сдерживают рост численности жертв и таким образом оказывают воздействие на растительность. Поэтому исчезновение или появление новых видов животных в биоценозе иногда может полностью изменить его облик.

В отличие от наземных биоценозов особое значение зооценозы играют в водных сообществах, составляя их основной компонент.

Микоценоз – самостоятельное грибное сообщество одновидовое или многовидовое. Экологическое строение лесного микоценоза складывается из микосинузий фотосинтезирующего, стволового, комлевого и корневого слоев. Каждому слою соответствует своя группа грибов по типу питания, а также деление в пределах вертикальной и горизонтальной проекции лесного сообщества. Микроскопические микоценозы играют неоценимую роль в минерализации мертвого органического вещества.

Микробиоценоз (гр. *mikros* – малый + *bios* – жизнь) – совокупность микроорганизмов данного биоценоза. Это сообщество микроорганизмов (бактерий, микромицетов, грибов, водорослей, простейших), рассматриваемое как особый компонент биоценоза. В некоторых случаях, например в горячих источниках, может существовать самостоятельно (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Гребневый источник (Йеллоустоунский национальный парк, США)

Концепция экотона и краевой эффект. Термин «*эктон*» был введен в научную литературу **Ф. Клементсом** (1905) для

определения переходных территорий (зон) между биомами (тундра – хвойные леса), а также для верхней границы леса в горах. Впоследствии, с развитием экологии и фитоценологии, понятие экотона сузилось до территории стыка или зон резкого перехода между двумя и более различными сообществами.

Классическое определение экотона дал **Ю. Одум** (1975): «**Эктон** представляет собой переход между двумя и более различными группировками (физиономично заметными), например, между лесом и лугом или между мягким и твердым грунтом морских биоценозов. Это пограничная зона, или зона напряжения».

Здесь особое внимание следует обратить на переходную зону между лугом и лесом. Это «опушка леса», и ее можно определить, как переходное сообщество между лесным и травяным сообществами. На опушках наблюдается более быстрая смена растительности, чем в стабильном биоценозе. Вспышки массового размножения вредителей наиболее часто отличаются также в переходных зонах. Подобное размещение насекомых-вредителей характерно и для агроценозов.

Тенденция к увеличению разнообразия и плотности живых организмов на границах сообществ известна под названием **краевого эффекта** или данное явление иногда называют **опушечным эффектом**. Организмы, которые наиболее многочисленны или проводят большую часть времени на границах между сообществами, называют **пограничными видами** (рис. 4.2).

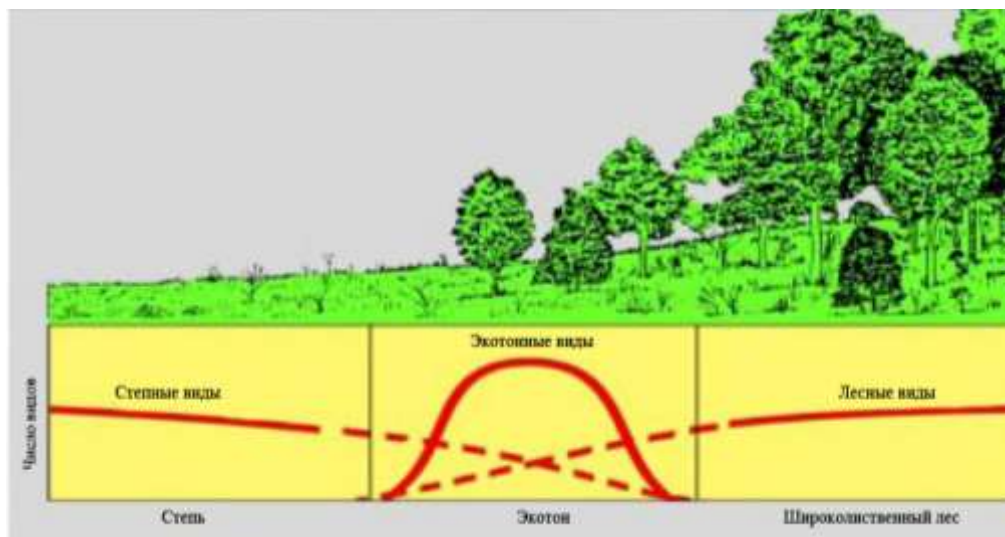


Рис. 4.2. Увеличение биоразнообразия на границах сообщества

Экотоны привлекают живые организмы не только специфичностью условий, но и жизненной потребностью в двух или нескольких сообществах, которые отличаются друг от друга своей структурой. Эта особенность может быть использована в практических целях, связанных с увеличением численности ресурсных видов.

Структура биоценоза. При изучении этого вопроса надо представлять, что являясь, как и организмы, структурными единицами живой природы, биоценозы, тем не менее, складываются и поддерживают свою устойчивость на основе иных принципов. Это системы так называемого каркасного типа, без особых управляющих и координирующих центров (как, например, нервная или гуморальная системы организмов), но также строятся на многочисленных и сложных внутренних связях, имеют закономерную структуру и определенные границы устойчивости.

Таким образом, биоценоз является многокомпонентной системой, для которой присуще сложная организация в пространстве и времени, что находит свое выражение в разнообразии биоценотических структур. Под структурой понимается относительно устойчивый характер соотношения, размещения, функционирования и взаимосвязи различных частей и элементов в системе.

Видовая структура. Рассматривая структурное построение биоценоза, прежде всего, необходимо представлять его видовой состав, который будет различаться в зависимости от географического положения, среды жизни (наземно-воздушной, водной, почвенной) и воздействия антропогенных факторов. В этом плане вначале устанавливают списочный состав видов, или *видовое богатство* – общий набор видов сообщества, который выражается списками представителей разных групп организмов. Важнейшей характеристикой видовой структуры сообщества является *видовое разнообразие* – показатель, отражающий количественные соотношения между видами и особями.

Обычная картина видовой структуры сообщества – сочетание малого количества часто встречающихся видов (представлены большим количеством особей). И, наоборот, в каждом биоценозе есть много видов с небольшим количеством особей.

Далее сравним виды, которые занимают в биоценозе различный экологический статус, характеризуя его видовую структуру:

- доминанты (кондоминанты, содоминанты);
- субдоминанты (преддоминанты);
- ассектаторы;
- антропофиты.

Доминанты (лат. *dominantis* – господствующий) – виды, преобладающие в сообществе. Под преобладанием вида подразумевается его большая по сравнению с другими видами роль. Как считает **Ю. Одум** (1975): «В общем, доминанты – это виды, которые на своем трофическом уровне обладают наибольшей продуктивностью».

Доминанты составляют своеобразное ядро биоценоза. Например, в наших еловых лесах среди деревьев доминирует ель, в травяном покрове – кислица, в птичьем населении – королек (*Regulus regulus*), зарянка (*Erithacus rubecula*), среди мышевидных грызунов – рыжая полевка (*Myodes glareolus*). В березняке орляковом среди деревьев доминирует береза, среди травянистых растений – орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*). Доминантность наиболее отчетливо проявляется в экстремальных условиях (тундре, полупустыне, пустыне). В тропических сообществах доминантами могут являться многие виды.

Здесь следует обратить внимание на то, что доминирующие виды, которые определяют специфическую среду сообщества, т. е. обладают максимальной средообразующей ролью, называют **эдификаторами** (лат. *aedificator* – строитель).

Они обуславливают видовой состав и структуру сообщества, поскольку воздействуют на световой, водный, температурный режим среды, влияют на кислотность почвы, почвообразовательные процессы. Эдификатор выступает в роли механизма, интегрирующего жизнь множества видов в сообществе. Основными эдификаторами наземных биоценозов являются растения, а в морях – животные, например, коралловые полипы, образующие коралловые рифы (рис. 4.3).

Из древесных пород Беларуси наиболее сильным эдификатором является ель, к числу эдификаторов второго ранга относится ольха черная (*Alnus glutinosa*). Ель существенно влияет на кислотность и трофность почвы, способствуя процессу подзолообразования. Кроме того, ель создает специфический световой режим в фитоценозе.



a



б

Рис. 4.3. Коралловые полипы: *a* – группа *Acropora*; *б* – группа *Alcyonaria*

Виды, живущие за счет доминантов, получили название **преддоминантов (субдоминантов)**. К примеру, в дубовом лесу такими являются кормящиеся на дубе насекомые, сойки, мышевидные грызуны.

Ассектаторы (лат. *assectator* – постоянный спутник) – малочисленные и редкие виды, входящие в состав различных ярусов, не способные доминировать. Они также важны для жизнедеятельности биоценоза:

- 1) создают видовое богатство;
- 2) служат резервом для пополнения и замещения;
- 3) придают устойчивость и обеспечивают надежность функционирования при изменении условий среды;
- 4) обуславливают своеобразие и неповторимость биоценоза.

Антропофиты (гр. *anthropos* – человек) – растения, постоянно встречающиеся в фитоценозах или агроценозах вследствие деятельности человека. К ним относятся, во-первых, различные сорные и рудеральные растения, а во-вторых – растения, культивируемые человеком, а также чужеродные виды сознательно или случайно, как сопутствующие занесенные человеком на новые места произрастания.

Пространственная структура. Знакомясь с пространственной структурой биоценоза, надо помнить, что пространственная структура наземного биоценоза определяется, прежде всего, сложением его растительной части – фитоценоза, распределением наземной и подземной массы растений. Пространственная же структура водных сообществ определяется в первую очередь внешними факторами среды: температурой, прозрачностью воды

и связанными с ней глубиной проникновения света, концентрацией кислорода, подвижностью и давлением водных масс, разнородностью грунта.

Ярусность. При совместном произрастании растений, разных по высоте, фитоценоз приобретает четко выраженную ярусность. Благодаря ярусности различные растения, особенно их органы питания (листья, окончания корней), располагаются на разной высоте и легко уживаются в сообществе. Это способствует:

- увеличению количества организмов на единице площади;
- значительному ослаблению конкуренции;
- более полному и разностороннему использованию условий среды.

Ярусность особенно хорошо заметна в лесах умеренного пояса, где можно выделить до шести ярусов:

- 1) деревья первой величины (ель, сосна, дуб, береза);
- 2) деревья второй величины (рябина, дикая яблоня, груша, ива, черемуха);
- 3) подлесок из кустарников (крушина, лещина, бересклет, можжевельник);
- 4) высокие травы и кустарнички (иван-чай, папоротник, багульник, голубика);
- 5) низкие травы (земляника, черника, брусника);
- 6) мхи, лишайники (кукушкин лен).

Растения каждого яруса и обусловленный ими микроклимат создают среду и для других организмов. В ярусе возникают группировки организмов, тесно связаны между собой. Так, в почвенном ярусе леса, заполненном корнями растений, обитают бактерии, грибы, насекомые, черви. Травостой и подлесок занимают насекомые, птицы, млекопитающие. При этом даже птицы, свободно передвигающиеся, обычно придерживаются определенного яруса.

Таким образом, ярус можно рассматривать как структурную и функциональную единицу биоценоза, отличающуюся определенными экологическими условиями и разнообразием живых организмов. В каждом ярусе складывается своя система взаимоотношений составляющих компонентов.

Однако имеются и *внеярусные организмы*. Это лианы, различные эпифиты, мхи и лишайники на стволах, паразиты, а также

многие животные, свободно переходящие из одного яруса в другой. Они затрудняют четкое выделение ярусов, что особенно выражено в тропических влажных лесах.

В сравнении с лесными сообществами в луговых биоценозах ярусность выражена значительно слабее или вообще не выражена, и вот по каким причинам:

– относительно небольшая высота луговых растений и, как следствие этого, небольшой объем используемой растениями наземной среды, что лимитирует возможность дифференциации в вертикальном распределении массы и поверхности надземных органов;

– участие в формировании луговых травостоев растений, относящихся к одной жизненной форме – многолетним травянистым мезофитам;

– наличие в составе луговых травостоев растений различной величины, образующих более или менее постепенные переходы от низкорослых к высокорослым;

– отсутствие или слабая выраженность у высокорослых растений расположения листовой поверхности к какому-либо определенному, небольшому по объему, горизонту наземной среды.

Но, тем не менее, во многих описаниях луговой растительности приводятся данные о принадлежности отдельных видов к определенным ярусам. По *А. П. Шенникову* (1941) [цит. по Т. А. Работнову, 1984], на лугах выделяется четыре яруса:

1) ярус верховых злаков и других растений первой величины (высокотравье);

2) ярус злаков и других растений второй величины (мелкотравье);

3) ярус злаков и других растений третьей величины (низкотравье);

4) ярус приповерхностных, или очень мелких стелющихся растений включая мхи, когда они имеются.

В качестве примера на рис. 4.4 приводятся виды из растительного сообщества лугового биоценоза, которые можно отнести ко всем четырем ярусам:

Горизонтальная структура биоценоза (мозаичность). Неоднородность горизонтального распределения организмов разных видов по биотопу приводит к мозаичности. Мозаичность



а



б



в



г

Рис. 4.4. Луговые растения разных ярусов: *а* – I ярус (таволга вязолистная); *б* – II ярус (трясунка средняя); *в* – III ярус (манжетка обыкновенная); *г* – IV ярус (вербейник монетчатый)

присуща любому фитоценозу, поэтому в его пределах выделяют структурные единицы, которые получили разные названия: микрогруппировки, микроценозы, микрофитоценозы, синузии, парцеллы и т. п. Эти микрогруппировки различаются видовым составом, количественным соотношением разных видов, сомкнутостью, продуктивностью и другими свойствами.

Теперь следует проанализировать обстоятельства возникновения мозаичности и факторы, ее обуславливающие. Итак, мозаичность зависит от ряда причин:

- неоднородность рельефа;
- структура и плодородие почв;
- средообразующее влияние растений и их биологические особенности («фитогенная мозаичность»);
- средообразующее влияние животных («зоогенная мозаичность»);

– влияние деятельности человека.

Особенно четко выражена мозаичность в луговых фитоценозах. Различают несколько типов луговой мозаичности (Работнов, 1984):

1) *эпизодическая*, обусловленная случайностью в распределении. Этот тип мозаичности наиболее универсален. Особенно ярко она проявляется в распределении некоторых зонтичных (дягиль или дудник лекарственный (*Angelica archangelica*), борщевика (*Heracleum*). В местах их массового обсеменения, например, под копами или вблизи их генеративных особей, впоследствии возникают пятна с преобладанием (или значительным участием в травостоях) этих растений;

2) *экопическая (экопная)*, определяемая неоднородностью в экотопе. Она тоже распространена достаточно широко. Поверхность луга никогда не бывает идеально однородной. Уже достаточно небольшая разница в высоте (даже в пределах 10 см) создает различия в водном режиме, а отсюда в воздушном, солевом и др.;

3) *фитогенная*, связанная с особенностями воздействия одних видов растений на другие. Это проявляется в перехвате света, поглощении воды и элементов минерального питания, в воздействии продуктов разложения отмерших остатков, иногда, возможно, и прижизненных выделений, а у некоторых видов и паразитировании;

4) *клоновая*, образованная зарослями некоторых видов в результате их вегетативного размножения. Эти заросли могут быть довольно густыми и часто их называют *куртинами*. Клоновая мозаичность довольно широко распространена на лугах и представляет собой по существу вариант фитогенной мозаичности. Особенно часто клоновая мозаичность вытекает, когда основные компоненты (преимущественно злаки) угнетены (а, иногда, в значительной мере отмерли) и потому не в состоянии ограничить распространение ряда вегетативно размножающихся растений.

Такая ситуация наблюдается в небольшой притеррасной части пойменного луга р. Поплав в районе станции Зеленое (Минский район РБ). Здесь в прошлом преобладали такие злаки, как тимофеевка луговая, лисохвост луговой, ежа сборная, но из-за иссушения почвы злаковый покров сильно изредился, что дало воз-

возможность появления куртин конского щавеля, тысячелистника, бодяка полевого и других видов, а это привело к еще большему угнетению злаков (Кулеш, Маврищев, 2015);

– *зоогенная*, которая возникает как в результате жизнедеятельности диких животных, так и под воздействием выпасаемого на лугах скота. Из диких животных в создании мозаичности на лугах наибольшее значение имеют землерои и муравьи, местами участвуют дикие копытные;

– *антропогенная* – результат деятельности человека. На пастбищах микрогруппировки возникают в ходе неравномерного стравливания травостоя и отложения экскрементов (как твердых, так и жидких). Некоторые растения, например, колючие сложноцветные (чертополохи (*Carduus*), бодяки), остаются нетронутыми во время выпаса скота, в то время как основной травостой интенсивно поедается, что создает ярко выраженную мозаичность.

Экологическая структура. Разные типы биоценозов характеризуются определенным соотношением экологических групп организмов, которое выражает экологическую структуру сообщества.

При изучении этого вопроса необходимо учитывать, что биоценозы со сходной экологической структурой могут иметь разный видовой состав. Например, в сухих аридных условиях доминируют склерофиты и суккуленты, а на увлажненных территориях – гигрофиты.

Экологическую структуру биоценоза отражает также соотношение групп организмов, объединенных сходным типом питания. Так, в лесах преобладают сапрофаги, в степных и полупустынных зонах – фитофаги, в глубинах Мирового океана – хищники и детритофаги. Экологическую структуру сообществ отражает также соотношение таких групп организмов, как гигрофиты, мезофиты и ксерофиты среди растений или гигрофилы, мезофилы и ксерофилы среди животных, а также спектры жизненных форм.

Наиболее ярко различия в экологической структуре биоценозов проявляются при сравнении сообществ организмов в сходных биотопах разных регионов. К примеру, антилопы в саваннах Африки, бизоны в прериях Африки, кенгуру в саваннах Австралии, куница в европейской тайге или лесу и соболь в азиатской тайге занимают сходное пространство в биоценозе и выполняют одни и

те же функции. Такие виды определяют экологическую структуру сообщества и называются *викарирующими*. Отсюда вытекает правило *Д. Джордана* (1887): «Ареалы близкородственных форм организмов (правило установлено для животных) обычно занимают смежные территории и существенно не перекрываются; родственные формы, как правило, викарируют, т. е. географически замещают друг друга».

Такой подход к оценке биоценозов, при котором используются общие характеристики его экологической, видовой и пространственной структуры, экологи называют *макроскопическим*. Это обобщенная крупноплановая характеристика сообществ, позволяющая ориентироваться в свойствах биоценоза при планировании хозяйственных мероприятий, прогнозировать последствия антропогенных воздействий, оценивать устойчивость системы.

Микроскопический подход – это расшифровка связей каждого отдельного вида в сообществе, подробное изучение самых тонких деталей его экологии. Эта задача до сих пор еще не выполнена в отношении подавляющего большинства видов из-за чрезвычайно многообразия живых форм в природе и трудоемкости изучения их экологических особенностей.

Биоценотические связи. Особенности биотических связей в биоценозе требуют некоторого разъяснения, поскольку во многих учебных пособиях они трактуются по-разному.

В биоценозах между различными организмами возникают определенные связи. Популяции, слагающие биоценоз, преимущественно, связаны пищевыми взаимоотношениями, на основе которых возникают сложные цепи и циклы питания (сезонные, годовые, многолетние). В сообществе возникают также и многообразные пространственные связи и именно на пищевых и пространственных отношениях формируются разнообразные биотические комплексы, объединяющие популяции в биологическую макросистему, функционирующую как единое целое.

Прежде чем детально рассмотреть биоценотические связи необходимо разобраться в специальной терминологии. Термин «*симбиоз*» (гр. *symbiosis* – совместная жизнь) – различные формы совместного существования разноименных организмов, составляющих симбионтную систему, предложил в 1879 г. *А. де Бари*. Основой для возникновения симбионтных отношений могут быть

трофические (питание одного из партнеров за счет другого неиспользованными остатками пищи, продуктами пищеварения или его тканями), пространственные (поселение на поверхности или внутри тела другого, совместное использование норок, домиков, раковин и т. п.) и другие типы взаимодействий. Таким образом, один из партнеров данной системы или оба вместе приобретают возможность выигрыша в борьбе за существование.

По характеру отношений между партнерами выделяются несколько типов симбионтных отношений: комменсализм, паразитизм, мутуализм и множество переходных форм между ними. **О. Гартвиг** (1909) сузил границы употребления этого термина, используя его лишь для обозначения взаимовыгодных для обоих партнеров отношений (мутуализм). В такой трактовке понятие симбиоза было воспринято русскими учеными и прочно укоренилось в русскоязычной литературе. В современной биологии термин «симбиоз» чаще всего используется в его первоначальной трактовке (Биологический энциклопедический словарь, 1999).

Типы межпопуляционных взаимодействий. Всю сумму воздействий, которые оказывают друг на друга живые существа, объединяют под названием биотические факторы (связи). При рассмотрении этого вопроса следует обратиться к классической трактовке, согласно которой основные формы биотических отношений, по **Ю. Одуму** (1975), могут быть сведены к девяти типам (таблица). Все эти типы взаимодействия можно встретить в сообществе.

Наряду с такой трактовкой межпопуляционных взаимоотношений прямые и косвенные межпопуляционные отношения по значению, которое они имеют для занятия видом в биоценозе определенного положения, по классификации **В. Н. Беклемишева** (1970), подразделяются на четыре типа:

– *трофические* (гр. *trophe* – пища). Во всем многообразии биотических взаимоотношений живых организмов значение имеют трофические связи. Возникают тогда, когда один вид в биоценозе питается другим (либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности). Особенно разнообразны трофические связи между животными и растениями;

– *топические* (гр. *topos* – место). Эти связи крайне разнообразны. Они заключаются в создании одним видом среды для дру-

Типы межпопуляционных взаимодействий

Тип взаимодействия	I вид	II вид	Общий характер взаимодействия
1. Нейтрализм	0	0	Ни одна популяция не оказывает воздействия на другую
2. Конкуренция, непосредственное воздействие	–	–	Прямое взаимное подавление обоих видов (межвидовая конкуренция)
3. Конкуренция, взаимодействие из-за ресурсов	–	–	Опосредованное подавление, когда появляется недостаток в каком-либо факторе (внутривидовая конкуренция)
4. Аменсализм	–	–	Одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния
5. Паразитизм	+	–	Популяция паразита (I) меньше, чем популяция хозяина (II)
6. Хищничество	+	–	Популяция хищника (I) обычно больше, чем популяция добычи (II)
7. Комменсализм	+	0	Популяция комменсала (I) получает пользу от объединения с популяцией хозяина (II), для которого это объединение безразлично
8. Протокооперация	+	+	Взаимодействие друг с другом полезно для обеих популяций, но не является облигатным
9. Мутуализм	+	+	Облигатное взаимодействие, полезное для обоих партнеров

Примечание. «0» – существенное взаимодействие между популяциями отсутствует; «+» – благоприятное действие на рост, выживание или другие характеристики популяции; «–» – ингибирующее действие на рост или другие характеристики популяции.

гого, в формировании субстрата, на котором поселяются или, наоборот, избегают селиться представители других видов, во влиянии на движение воды, воздуха, изменение температуры, освещенности окружающего пространства, в насыщении среды продуктами выделения и т. п.;

– *форические* (гр. *phora* – ношение). Это участие одного вида в распространении другого. В роли транспортировщиков выступа-

ют животные. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называют *зоохорией*, перенос других, более мелких животных крупными – *форезией* (лат. *phoresy* – наружу, вон);

– *фабрические* (лат. *fabrico* – изготавливать). Это такой тип отношений, в которые вступает вид, использующий для своих сооружений (фабрикаций) продукты выделения, либо мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида.

Концепция экологической ниши. В современной экологии понятие и концепция экологической ниши – это один из «китов» синтеза экологической теории, сфера большого числа экспериментальных работ и модельного теоретизирования. И это притом, что пока нет удачного определения самого понятия «экологическая ниша», что и демонстрирует подборка цитат.

Ю. Одум (1975): «...*экологическая ниша* – понятие более емкое, чем местообитание, включающее в себя не только физическое пространство, занимаемое организмом, но и его функциональную роль в сообществе (например, его трофический статус), его положение относительно градиентов внешних факторов». Можно привести такую аналогию: «*местообитание* – это "адрес организма", а *экологическая ниша* – это, говоря биологическим языком, его "профессия"».

Р. Уиттекер (1980): «...*ниша* – это термин, употребляемый для обозначения специализации популяции вида внутри сообщества».

Э. Пианка (1981): «*экологическая ниша* – ...общая сумма адаптаций особи или все разнообразные пути приспособления данной особи к определенной среде».

Майк Бигон с соавт. (1989): «...*экологическая ниша* не есть нечто такое, что можно увидеть глазами. Не нужно и вымерять всевозможных ее проекций на отдельные оси – представление о нише сослужит службу и без этого. Экологическая ниша – отвлеченное понятие...».

Учитывая различные аспекты рассмотрения экологической ниши **Ю. Одум (1975)** в понятие «*экологическая ниша*» включает три аспекта:

- 1) физическое пространство, занимаемое организмом;
- 2) его функциональная роль в сообществе – биотические отношения: пища, враги, партнеры;

3) его положение относительно внешних факторов среды – температуры, влажности, света и т. д.

Важным моментом при изучении этого вопроса является знакомство с некоторыми правилами и принципами, которые касаются организации сообщества и структурного функционирования экологических ниш.

На богатство экологических ниш в биоценозе оказывают влияние две группы причин. Первая – условия среды, предоставляемые биотопом. Чем мозаичнее и разнообразнее биотоп, тем больше видов могут размежевать в нем свои экологические ниши. Другой источник разнообразия ниш – сами виды, являющиеся ресурсом и создающие среду для других.

Понятие экологической ниши является очень полезным для понимания законов совместного существования видов в сообществе. Например, всякое зеленое растение, принимая то или иное участие в формировании биоценоза, обеспечивает существование целому ряду экологических ниш. Среди них могут быть ниши для организмов, питающихся тканями корней (корнееды) или тканями листьев (листоеды и сокососы), цветками (цветкоеды), плодами (плодоеды), выделениями корней (экрисотрофы) и др. Все вместе они составляют целостную систему разнообразного использования растительной массы организма. При этом все гетеротрофы, поедающие растительную биомассу, почти не конкурируют между собой (рис. 4.5).

Корнееды	Стволоеды	Листоеды	Сокососы	Пыльцееды	Семяеды
					
Нематоды, личинки жуков (хрущей, шелкопунов, перистелок и др.)	Личинки и взрослые жуки (усачи, долгоносики и др.)	Личинки (шелкопрядов, пядениц, бабочек), жуки (листоеды и др.)	Тля, клопы, пикалы и др.	Пчела, оса, жуки-бронзовки и др.	Белки, мыши, птицы и др.

Рис. 4.5. Экологические ниши фитофагов

Каждая из этих ниш включает в себя разнородные по видовому составу группы организмов. Например, в экологическую группу корнеедов входят и нематоды, и личинки некоторых жуков (майского хруща, щелкуна), а в нишу сосущих соки растения – клопы, тли.

В результате, поделив между собой местообитание, все виды процветают, извлекая для себя максимальную пользу. Биоценоз и представляет собой такое сбалансированное сообщество, где для каждого члена находится определенная экологическая ниша. В этом плане *Мак-Артур* (1970) вывел так называемый **принцип плотной упаковки**: виды, объединенные в сообщество, используют все возможности для существования, представляемые окружающей средой с минимальной конкуренцией, при этом пространство заполняется с максимальной плотностью. Отсюда вытекает **правило обязательности заполнения экологических ниш**: пустующая экологическая ниша всегда и обязательно заполняется (народная мудрость гласит – природа не терпит пустоты).

Свободные участки возникают непредсказуемо во многих биотопах. Пожары или оползни могут приводить к образованию пустошей в лесах; шторм может оголить открытый участок морского берега, а прожорливые хищники могут полностью истребить потенциальные жертвы. Эти освободившиеся участки неизменно заселяются вновь.

Самыми первыми поселенцами не обязательно будут те виды, которые в течение длительного времени занимали это пространство. Преходящий вид обычно первым заселяет свободный участок, осваивает его и размножается. Более конкурентоспособный вид заселяет эти участки медленно, но если заселение началось, то со временем он побеждает преходящий вид и размножается.

Правило конкурентного исключения, или **принцип Вольтерры – Гаузе**: два вида, занимающие одну и ту же экологическую нишу, не могут устойчиво сосуществовать (народная пословица «В одной берлоге два медведя ужиться не могут»). Именно в такой формулировке принцип конкурентного исключения и получил широкую известность среди биологов.

В 1961 г. один из номеров журнала “American Naturalist” открылся статьей с интригующим заголовком «Планктонный парадокс». Ее автор – известный американский эколог Дж. Э. Хатчин-

сон назвал парадоксальной ситуацией, складывающуюся в планктонных сообществах, поскольку она противоречит принципу конкурентного исключения. Согласно этому принципу, количество устойчиво сосуществующих видов не может превышать числа факторов, ограничивающих рост их популяций. Но в поверхностном слое водной толщи озер, где хватает тепла и света, нередко живут вместе десятки видов водорослей и цианобактерий, конкурирующих за крайне ограниченный набор ресурсов – свет и элементы минерального питания. К тому же, поскольку вода в поверхностном слое интенсивно перемешивается, обитающие в нем организмы разных видов не могут разойтись в пространстве, заняв, например, разные глубины.

Таким образом, принцип конкурентного исключения не абсолютно универсален. Дж. Хатчинсон сформулировал *принцип сосуществования*, или *парадокс Хатчинсона*: два вида в виде исключения могут сосуществовать к одной экологической нише, и если близкие виды вынуждены использовать одни и те же ресурсы, то естественный отбор может благоприятствовать их сосуществованию, и они способны эволюционировать в одном и том же направлении. Парадокс Хатчинсона наблюдается главным образом в водной среде.

Понятие континуума. При изучении этого вопроса необходимо вернуться к характеристике экотона и вспомнить особенности его структурной организации.

Между выделяемыми единицами любого уровня и характера (ценоэлементами, морфоэлементами, микрогруппировками, фитоценозами и т. п.) невозможно провести точно фиксируемую плоскость их разделения. Можно с уверенностью сказать, что как бы ни проводилась граница в растительном покрове, по обе стороны ее присутствует какое-либо количество одних и тех же видов, что в большинстве случаев приводит к непрерывному переходу одного сообщества в другое. В этом и заключается свойство растительного покрова, которое называют *континуум*.

В качестве причин, приводящих к континууму, можно назвать следующие:

- экологическая специфичность видов;
- отсутствие экологических групп видов и равномерное распределение видов по градиентам среды;

- постепенность изменения среды и тесная зависимость от нее распределения видов в пространстве;
- неспецифичность воздействия видов на среду;
- «растекание» видов в пространстве.

Независимо друг от друга *А. Г. Раменский* (1924) и американский эколог *Г. А. Глизон* (1926) сформулировали **принцип континуума**, или *Раменского – Глизона*: широкое перекрытие экологических амплитуд и рассредоточенность центров распределения популяций вдоль градиента среды приводят к плавному переходу одного сообщества в другое, поэтому, как правило, не образуется строго фиксированных сообществ.

Консорция. Все виды, слагающие биоценоз, в определенной степени связаны с доминирующими видами и эдификаторами. Внутри биоценоза формируются более или менее тесные группировки, комплексы популяций, зависящие либо от растений-эдификаторов, либо от других элементов биоценоза. Так создаются своеобразные структурно-функциональные единицы биоценоза – консорции. Понятие и термин почти одновременно независимо друг от друга были предложены зоологом *В. Н. Беклемишевым* (1951) и ботаником *Л. Г. Раменским* (1952).

Консорция – это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биогеоценоза трофически или топически связана с центральным видом – автотрофным растением.

Обычно в роли центрального вида выступает эдификатор – основной вид, определяющий особенности биоценоза. Популяции остальных видов консорции образуют ее ядро, за счет которого существуют виды, разрушающие органическое вещество, создаваемое автотрофами. Примером консорции служит растение со всеми связанными с ним организмами (эпифиты, паразиты, вредители, мутуалисты и др.) (рис. 4.6).

В дальнейшем понятие консорции значительно расширилось. *В. В. Мазинг* (1966) предложил в состав консорции включать как виды организмов, непосредственно связанные с популяцией автотрофного кормового растения, образующие I круг (*концентр*) вокруг нее, так и виды, связанные с ней опосредованно через организмы I концентри, составляющие II, III и IV концентры.

Консорция, таким образом, выступает как весьма сложное по

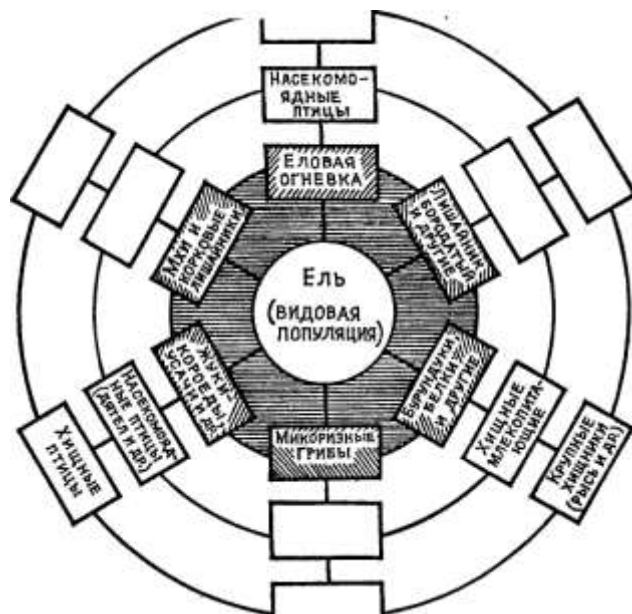


Рис. 4.6. Схема строения консорции по Л. Г. Раменскому

составу и структуре образование, как эволюционно сложившаяся система разнородных организмов (бактерий, грибов, растений, животных), связанных между собой особыми специфическими отношениями – консортными связями. Консортная связь – это взаимодействие двух организмов прямого, устойчивого характера, при котором один (детерминант) выступает как источник ресурса, а другой (консорт) – как потребитель. В консорции детерминант является ядром, центральным организмом, эдификатором данной системы.

К группе консортов принято относить:

- 1) *потребителей живой биомассы* – растительной, животной (это так называемые биотрофы или консументы);
- 2) *потребителей отмерших остатков и мертвого органического вещества растительного и животного происхождения* (сапротрофы или редуценты);
- 3) *потребителей энергии прижизненных выделений организмов* (эккрисотрофы);
- 4) *живые существа*, для которых образующие ядро консорции служат лишь субстратом для прикрепления (эпифиты).

В состав консортов входят организмы или видовые популяции, связанные с детерминантом консорции трофически или топически:

– *I концентр консорции усложненной структуры* включает консорты, непосредственно связанные с центральным видом консорции. Одни из них связаны с ним трофически, получая от него вещества и энергию;

– *II концентр консорции* составляют видовые популяции, организмы которых в качестве источника энергии используют биомассу организмов I концентра как в живом, так и в отмершем состоянии, а также их экскременты;

– *III и последующие концентры консорции* содержат видовые популяции живых существ, использующих в процессах своей жизнедеятельности энергию, заключенную в биомассе организмов предшествующих концентров.

Литература:

Основная

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2 т. Т. 1 / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
2. Гричик, В. В. Экология и рациональное природопользование: учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. В. Камлюк, Г. А. Семенюк; под ред. В. В. Гричика. – Минск: БГУ, 2013. – 207 с.
3. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
4. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир. – 1975. – 744.
5. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
6. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Бродский, А. К. Введение в проблемы биоразнообразия. Иллюстрированный справочник / А. К. Бродский. – СПб.: Изд-во ДЕАН, 2002. – 144 с.
2. Кулеш, В. Ф. Экология. Учебная практика: учеб. пособие / В. Ф. Кулеш, В. В. Маврищев. – Минск: Новое знание; М.: ИН-ФРА-М, 2015. – 332 с.
3. Лебедева, Н. В. Биологическое разнообразие: учеб. пособие

/ Н. В. Лебедева, Н. Н. Дроздов, Д. А. Криволуцкий. – М.: Владос, 2004. – 432 с.

4. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.

5. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.

6. Работнов, Т. А. Луговедение / Т. А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 320 с.

7. Работнов, Т. А. Фитоценология: учеб. пособие / Т. А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 352 с.

8. Радкевич, В. А. Животные и растения: Экологические очерки. / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1980. – 176 с.

9. Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с.

10. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

11. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

12. Стороженко, В. Г. Микоценоз и микоценология / В. Г. Стороженко. – М.: «Гриф и К». – 2013. – 191 с.

13. Фарб, П. Популярная экология / П. Фарб. – М.: Мир, 1971. – 192 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала опишите видовую структуру биоценоза.

Виды	Примеры	Характеристика

Задание 2

Охарактеризуйте ярусность лесного биоценоза (растения и животные).

Ярус Растения/животные	Примеры	Характеристика

Задание 3

Назовите и охарактеризуйте элементарные единицы горизонтального строения растительных сообществ.

Категории	Примеры	Характеристика

Задание 4

Проведите сравнительный анализ биоценоза и агроценоза.

Параметры	Биоценоз	Агроценоз
Видовое разнообразие		
Звенья пищевой цепи		
Наличие пищевых сетей		
Круговорот веществ (замкнутый или разомкнутый)		
Саморегуляция		
Источники энергии и их использование		
Продуктивность		
Устойчивость		

Задание 5

На рис. 4.7 укажите, какие ярусы изображены и охарактеризуйте их.

Задание 6

На рис. 4.8 обозначьте кривые и объясните с их помощью правило Гаузе.

Задание 7

Охарактеризуйте ядро, концентры и воспроизведите примерный состав каждого концентра (рис. 4.9).

Задание 8

Выясните различия между структурой биоценоза в целом и особенностями структурного построения и видового богатства экотона. Приведите примеры экотонов на границах различных биоценозов.

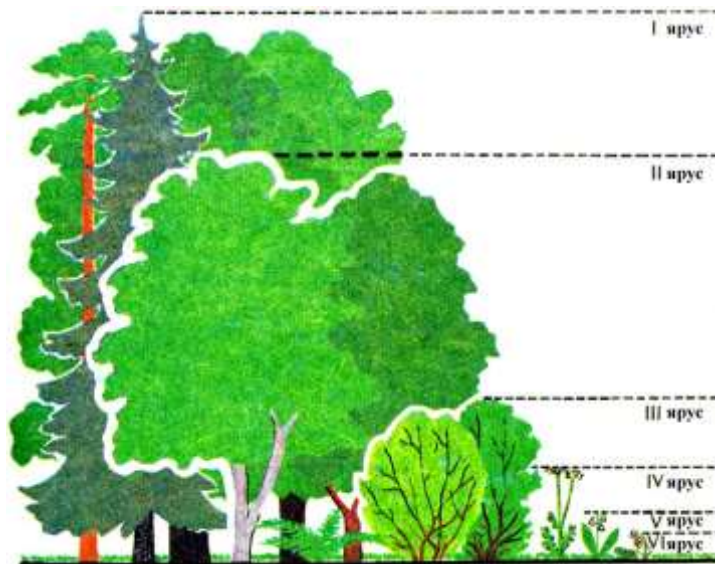


Рис. 4.7. Ярусность в лесных экосистемах

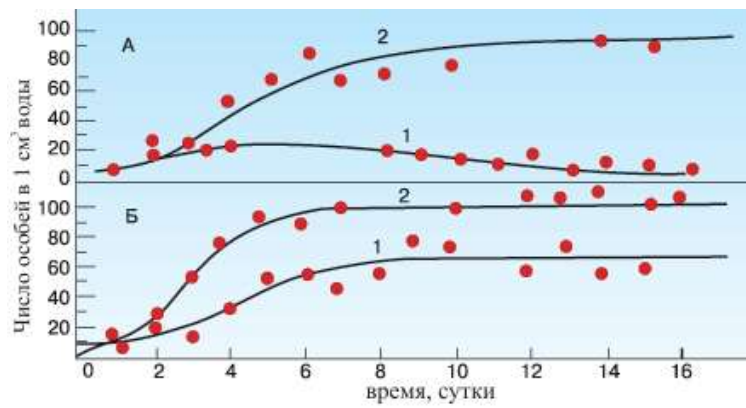


Рис. 4.8. Кривые динамики численности

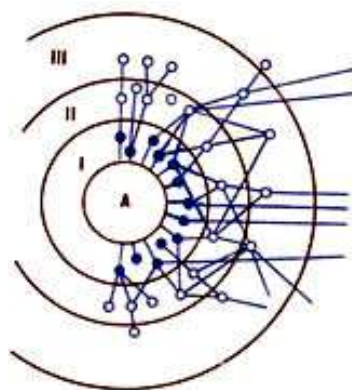


Рис. 4.9. Концентры

Задание 9

В соответствии с приведенной выше в этом разделе таблицей самостоятельно приведите примеры этих взаимодействий.

Раздел V. ЭКОСИСТЕМНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Занятие 11-12. Экосистемная экология

1. Концепция экосистемы.
 - 1.1. Определение и основные характеристики, экокомплекс.
 - 1.2. Основные характеристики биогеоценоза.
 - 1.3. Функциональные компоненты экосистемы.
2. Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах.
 - 2.1. Трофическая структура экосистемы.
 - 2.2. Трофические уровни, пищевые цепи и сети.
 - 2.3. Экологические пирамиды: численности, биомассы, энергии. Правило 10% Р. Линдемманна.
3. Динамика экосистем.
 - 3.1. Циклические изменения экосистем, флуктуации.
 - 3.2. Экологические сукцессии и их классификация.
 - 3.3. Закономерности протекания сукцессий.
 - 3.4. Концепция климакса. Механизмы и основные тенденции развития экосистем.

Теоретическая часть

При популяционном подходе эколог ставит своей задачей выяснить причины, которые объясняют распределение популяций в пространстве, их размер, динамику и другие признаки. При экосистемном подходе перед исследователем стоит более сложная задача – изучить процессы трансформации вещества и потоки энергии в экосистеме, которые проходят при участии живых организмов. Экосистема – понятие весьма широкое; его главное значение для экологической теории состоит в том, что оно подчеркивает обязательное наличие взаимоотношений, взаимозависимости и причинно-следственных связей, иначе говоря, объединения компонентов в функциональное целое. Отсюда следует, что поскольку части в операциональном смысле неотделимы от целого, экосистема представляет собой наиболее подходящий для применения методов системного анализа уровень биологической организации.

Концепция экосистемы, биогеоценоза, экокомплекса. Изучение данной темы необходимо начать с уяснения структурной организации экосистемы, а затем проанализировать особенности ее свойств при функционировании в наземной и водной средах.

Фундаментальное обобщение взглядов по данной проблеме было сделано европейскими учеными. Учение об экосистемах возникло раньше, чем учение о биогеоценозах. Впервые термин «экосистема» был использован в 1928 г. гидробиологом **Р. Вольтереком**. Несколько позже, по-видимому, независимо от него употребил этот термин и обосновал понятие экосистемы геоботаник **А. Тенсли** (1935). В известном журнале *Of Ecology* он опубликовал статью, в которой изложил основные положения концепции экосистемы, после чего этот термин широко вошел в научный обиход.

Автором были высказаны следующие положения:

– организмы нельзя отделять от окружающей среды, ибо вместе с нею они составляют единую физическую систему;

– такого рода системы являются основными единицами природы на земной поверхности. Эти основные единицы А. Тенсли и предложил назвать экосистемами.

Таким образом, сложное природное образование «экосистема» состоит из двух компонентов:

1) комплекса организмов, именуемого **биосистемой** (биоценозом);

2) комплекса факторов абиотической среды, так называемой **физиосистемы** (биотоп) (рис. 5.1).

Экосистема по А. Тенсли – это «относительно устойчивая система динамического равновесия, в котором организмы и неорганические факторы являются полноправными компонентами». Позже крупнейшие экологи приводили и другие определения несколько изменяя трактовку А. Тенсли, и, пожалуй, самым типичным является трактовка **Р. Уиттекера** (1980): «Сообщество и его среда, рассматриваемые совместно как функциональная система, образующая единое целое и характеризующаяся присущим ей потоком энергии и круговоротом вещества, называется **экосистемой**». Следовательно, в современных определениях экосистемы по сравнению с первоначальным подчеркивается функциональный характер ее как системы и обращается внимание на обмен веществ и



Рис. 5.1. Структура экосистемы

энергии в ней как основной процесс функциональной деятельности.

«Любое единство, включающее все организмы (т. е. сообщество) на данном участке и взаимодействующее с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенную структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ (т. е. обмен веществами между биотической и абиотической частями) внутри системы, представляет собой *экологическую систему*, или *экосистему*» (Одум, 1975).

Параллельно с развитием понятия «экосистема» в первой половине XX в. развивалось учение о биогеоценозах (гр. *bios* – жизнь + *geo* – земля + *koinos* – общий). Термин «биогеоценоз» в 1942 г. был предложен **В. Н. Сукачевым** в противовес понятию «экосистема», которое в соответствии с менталитетом науки этого времени считалось буржуазным. Первоначально он пользовался термином «геоценоз», но затем поставил на первое место «био-», желая подчеркнуть главенствующую роль живых организмов. Однако со временем стало очевидным, что понятие «биогеоценоз» не может заменить понятие «экосистема».

Биогеоценоз – это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроор-

ганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющих свою специфику взаимодействия этих слагаемых ее компонентов и определенный тип обмена веществами и энергией между собой и другими явлениями природы, и представляющая собой внутренне противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии (Сукачев, 1964).

Здесь надо обратить внимание на то, что В. Н. Сукачев ввел понятие «биогеоценоз», вложив в него тот же смысл, что и в термин «экосистема», но ограничив биогеоценоз в пространстве пределами фитоценоза (рис. 5.2). Там, где нет четко выраженного фитоценоза, нет и биогеоценоза. Если экосистема – понятие безграничное, то биогеоценоз имеет определенный ранг: это и однородный по составу и строению участок леса, и весь лесной массив, и растительность водораздела, разумеется, в совокупности со всем живым населением и абиотической средой. Границы задаются фитоценозами – растительными сообществами, имеющими легко распознаваемые черты, т. е. фитоценоз выступает в данном случае в роли маркера биогеоценоза. Например, сосновые леса легко отличимые от еловых, верховое болото – от низинного.

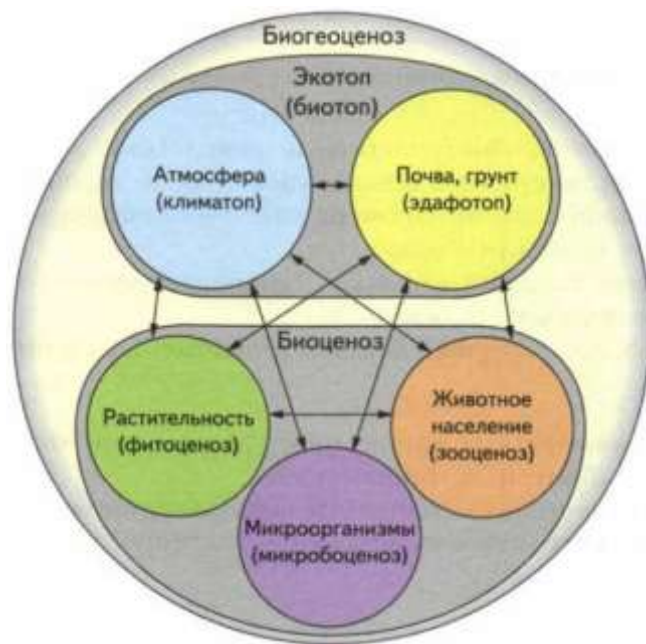


Рис. 5.2. Схема биогеоценоза по В. Н. Сукачеву

Сравните эти два определения экосистемы и биогеоценоза, а

также два рисунка (5.1 и 5.6). Как видим, понятие «экосистема» и «биогеоценоз» тождественны только для природных наземных образований, четко очерченных границами фитоценоза.

Поэтому *каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема соответствует биогеоценозу*. Для природных образований, меньших или больших по объему, нежели фитоценоз, либо в тех случаях, где фитоценоз выделить нельзя, применяется понятие «экосистема». Например, кочка на болоте, ручей – экосистемы, но не биогеоценозы.

В последние десятилетия в западных странах развивается *учение об экокомплексах* которые представляют собой ряд соседних экосистем, создающих относительное пространственное единство. Например, экосистема озера, пруда и околводные экосистемы: участки лугов, лесов, болот, окаймляющих акваторию данного водоема.

Функциональные компоненты экосистемы. Живые организмы и их неживое (абиотическое) окружение нераздельно связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии. С точки зрения трофических (гр. *trophe* – питание) отношений экосистема имеет два компонента:

– *автотрофный компонент* (гр. *autos* – сам + *trophe* – пища, питание, т. е. самостоятельно питающийся), для которого в основном характерны фиксация световой энергии и использование простых неорганических соединений для построения сложных органических веществ. Организмы, синтезирующие из неорганических веществ (главным образом воды, диоксида углерода, неорганических соединений азота) все необходимые для жизни органические вещества, используя *фотосинтез* (все зеленые растения – фототрофы) или *хемосинтез* (некоторые бактерии – хемоавтотрофы);

– *гетеротрофный компонент* (гр. *heteros* – иной, другой + *trophe* – пища, питание, т. е. питаемый другими), для которого характерна утилизация, перестройка и разложение сложных органических веществ. Живые организмы, существующие за счет потребления готовых органических веществ, создаваемых автотрофами.

Гетеротрофы, потребляющие в пищу живое органическое вещество, называются *биофагами*, для них характерен голозойный (питание твердой органической пищей, которая переваривается в

пищеварительном тракте) тип питания. Гетеротрофы, питающиеся отмершей органикой и экскрементами животных, называются *сапротрофами*.

Кроме животных к гетеротрофам относятся насекомоядные растения, такие как росянка круглолистная (*Drósera rotundifólia*), которая произрастает на болотах. Край и верхняя поверхность листа росянки усажены крупными железистыми волосками, раздражимыми при соприкосновении и выделяющими слизь, служащую для улавливания насекомых.

Несмотря на то, что в экосистеме могут быть тысячи видов, по функциональной роли (т. е. какую функцию выполняют эти виды в сообществе) их можно объединить в ограниченное число функциональных типов: продуцентов, консументов и редуцентов. В результате взаимодействия этих функциональных групп живых организмов возникает круговорот вещества и энергии, благодаря чему осуществляется непрерывность жизненных процессов на планете Земля (рис. 5.3).

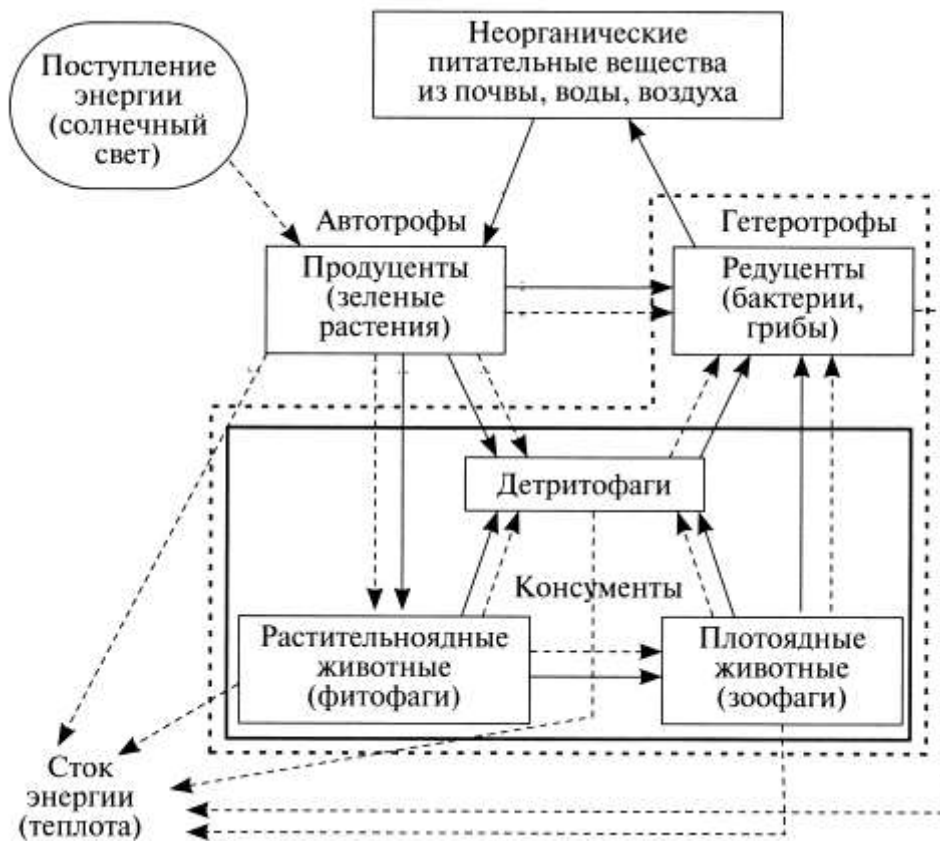


Рис. 5.3. Основные компоненты и связи в экосистеме

Продуценты. Приведем характерные черты, особенности функционирования и взаимодействия этих групп в составе экосистемы. Среди экологической группы продуцентов различают:

1) *продуценты-фотоавтотрофы* (в большинстве своем зеленые растения). В состав этой разнообразной группы организмов входят гиганты, подобные секвойям или эвкалиптам. В наземных экосистемах большую часть первичной продукции образуют голосеменные и покрытосеменные растения лесов и лугов. В среднем по планете, при реальных условиях воздействия факторов среды, усвоение солнечной энергии не превышает 0,1%. В морской воде важную роль играет фитопланктон и цианобактерии. Это преимущественно мелкие одноклеточные организмы в поверхностных слоях воды;

2) *продуценты-хемоавтотрофы*: серобактерии, метанобактерии, железобактерии, бактерии-нитрификаторы (окисляют аммоний и нитриты), которые для синтеза органических веществ используют химическую энергию окисления органических соединений. Эти организмы являются продуцентами экосистем в геотермальных источниках рифтовых зон океана и в экосистемах подземных вод на глубине до 3–5 км, где играют важную роль в биогеохимическом преобразовании земной коры.

Консументы. Это организмы, получающие питательные вещества и необходимую энергию, питаясь живыми организмами – продуцентами или другими консументами. Этот функциональный тип включает следующие группы организмов:

– *фитофаги*. Растительноядные организмы. Эта разнообразная группа в наземных биогеоценозах включает самые разные таксоны – от насекомых (например, термитов, которые являются основными фитофагами в тропическом лесу) до крупных млекопитающих, подобных лосю, жирафу, слону. Для наземных экосистем характерны фитофаги с пастбищным типом. В отличие от настоящих хищников нападение фитофагов может и не приводить к смерти жертвы.

Иная ситуация складывается в водных экосистемах, где преобладают фитофаги с фильтрационным или седиментационным типом питания. Основным источником их пищи – планктонные водоросли;

– *паразиты*. Организмы, длительное время живущие внутри или на теле другого организма – хозяина, питающиеся за его счет. Паразиты, как и хищники с пастбищным типом питания, обычно поедают только часть своей жертвы (хозяина). Так же, как и для фитофагов, их нападение на жертву, как правило, причиняет ей вред, но редко в короткое время приводит к летальному исходу. Паразит изнуряет хозяина, не доводя его до смерти.

В отличие от хищников с пастбищным типом питания паразиты в течение своей жизни нападают всего на одну или на очень немногих особей и на протяжении всей своей жизни тесно связаны с хозяином;

– *истинные хищники (зоофаги)*. Как и фитофаги, зоофаги варьируют от крупных (лев, тигр) до микроскопических (рачки, зоопланктон). До недавнего времени было широко распространено мнение, будто все хищники – вредные животные и их следует уничтожать. Это ошибочное представление, поскольку уничтожение хищников часто приводит к нежелательным последствиям и наносят большой ущерб дикой природе и хозяйству человека. Ведь жертвами хищников обычно бывают больные и ослабленные особи, уничтожением которых сдерживается распространение болезней, оздоравливается та или иная популяция. Сейчас уже нет сомнения, что волки, например, содействуют интенсивному размножению и повышению жизнеспособности северного оленя в лесотундре и тундре; щуки в прудовых хозяйствах, если они количественно не превышают какого-то предела, стимулируют продуктивность карпов.

Иначе говоря, хищник – важный фактор естественного отбора. Под его прессом постоянно улучшается состав популяций тех или иных организмов, и он в какой-то степени обуславливает их прогрессивное развитие. С другой стороны, жертвы также принимают активное участие в этом процессе и оказывают влияние на своих хищников, содействуя их совершенствованию и прогрессивному развитию;

– *детритофаги*. Что такое «детрит»? Когда растения и животные погибают, их тела становятся ресурсом для других организмов. В отличие от других групп организмов детритофаги (животные, потребляющие мертвый материал) полностью зависят от скорости, с которой какой-нибудь другой фактор (старение, бо-

лезни, борьба, затенение листьев деревьями) высвобождает ресурс, обеспечивающий их жизнедеятельность.

Ресурсами для детритофагов служат не только тела погибших животных и растений. На протяжении своей жизни животные и растения непрерывно образуют мертвый органический материал, который детритофагам может служить основным ресурсом для обеспечения своей жизнедеятельности. По мере развития и роста организмы сбрасывают отмершие части тела: членистоногие – личиночные покровы; змеи – старую кожу; другие позвоночные – кожу, волосы, перья и рога. Наконец, экскременты животных становятся впоследствии также ресурсом для детритофагов. Экскременты состоят из мертвого органического материала, который по своему химическому составу сходен с пищей, потребленной выделившим экскременты животным.

Теперь сравним консументов по пищевому спектру. Их в основном разделяют на три группы:

1) «универсалы, всеядные» (*полифаги, эврифаги*). Они потребляют добычу самых разнообразных видов. *Эврифаги* (древ.-гр. *euryus* – широкий + *phagos* – есть, пожирать) – животные, употребляющие как растительную, так и животную пищу.

Так, гусеницы лугового мотылька питаются примерно на 160 видах растений, а рыжие лесные муравьи поедают сотни видов насекомых, других беспозвоночных и некоторые виды растений. Всеядны лягушки, ящерицы, неспециализированные хищные птицы. Экологическое преимущество всеядности состоит в том, что она обеспечивает существование животных в умеренных и высоких широтах с неустойчивыми запасами отдельных видов кормов;

2) *олигофаги* (гр. *oligos* – немногочисленный + *phagos* – есть, пожирать) – животные, которые питаются исключительно немногими видами пищи. Олифагия свойственна членистоногим – паукам, клещам, ракообразным, встречается также среди червей, моллюсков, рыб, птиц, но более всего характерна для насекомых. Олигофагия наиболее широко распространена в тропических лесах и относительно редко встречается у животных, обитающих в умеренных широтах;

3) *монофаги* (древ.-гр. *monos* – единственный + *phagos* – есть, пожирать) – животные у которых выражена крайняя степень специализации питания за счет только одного единственного вида

пищи. Монофагия наблюдается преимущественно в группах с большим числом видов, особенно у насекомых, отдельных видов червей, ракообразных и моллюсков. У позвоночных встречается крайне редко.

Редуценты (деструкторы). Организмы, получающие питательные вещества и необходимую энергию питаясь останками мертвых организмов (животных, растений). Они разлагают мертвую органическую материю на простые неорганические соединения (процесс гниения и разложения). Примером могут служить грибы, микроскопические одноклеточные бактерии, актиномицеты и разнообразные простейшие.

Редуценты превращают органические остатки в неорганические вещества, обеспечивая возвращение содержащихся в них элементов в почвенный раствор или воду (в водных сообществах), откуда они потребляются растениями. Продукты разложения используются при образовании гумуса – особого и обязательного компонента экосистем, определяющего плодородие почв.

Трофическая структура и поток энергии в экосистеме. При изучении этого вопроса необходимо разобраться в схеме протекания потока энергии на основе уже полученных знаний о функционировании продуцентов, консументов и редуцентов, обеспечивающих замкнутый круговорот веществ в экосистеме.

Поток солнечной энергии постоянно протекает через фототрофов экосистемы. При передаче энергии от одного организма к другому в пищевых цепях происходит ее рассеивание в виде тепла. Из поступающей на нашу планету энергии солнца экосистемой усваивается не более 2%. Большая часть энергии используется на транспирацию, отражается листьями, идет на нагревание атмосферы, воды и почвы.

Жизнь экосистемы – это постоянный процесс созидания органического вещества продуцентами и его трансформации в соответствии со сложившимися трофическими связями.

При поедании одних организмов другими пища (вещество и энергия) переходит с одного трофического уровня на следующий. Непереваренная часть пищи выбрасывается. Животные, обладающие пищеварительным каналом, выделяют фекалии (экскременты); в них содержится некоторое количество энергии так же, как и

в органических отходах метаболизма (экскретах), например, моче-вине.

Животные, как и растения, теряют часть энергии при дыха-нии. Энергия, оставшаяся после потерь, связанных с процессами дыхания, пищеварения и экскреции, идет на рост, поддержание жизнедеятельности и размножение.

На рис. 5.4 показано, что в каждом звене пищевой цепи часть энергии теряется. Отсюда очевидно, что длина пищевой цепи ли-митируется размерами этих потерь. Органическое вещество, про-изводимое автотрофами, называется первичной продукцией. Ско-рость накопления энергии первичными продуцентами называется **валовой первичной продуктивностью** (ВПП), а скорость накоп-ления органических веществ – **чистой первичной продуктивностью** (ЧПП). ВПП примерно на 20% выше, чем ЧПП, так как часть энергии растения тратят на дыхание.

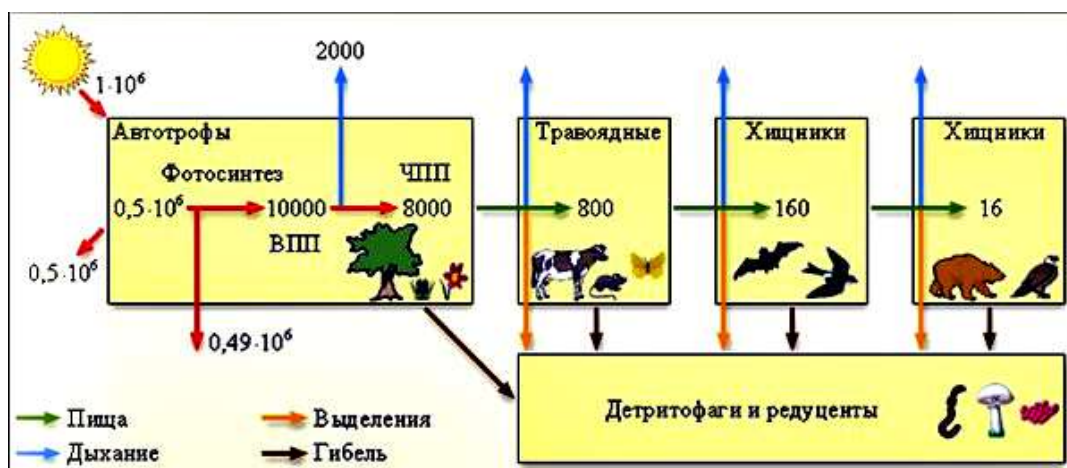


Рис. 5.4. Поток энергии в экосистеме

Отношение количества световой энергии, поглощаемой рас-тениями, к чистой первичной продукции очень велико. Последу-ющие переносы энергии, по меньшей мере, в 10 раз эффективнее, чем первоначальный перенос. Средняя эффективность переноса энергии от растений к травоядным животным составляет около 10%, а от животного к животному – около 20%. В целом травояд-ные менее эффективно усваивают пищу, чем хищники. Это связа-но с тем, что растения содержат большое количество целлюлозы, а часто и древесины (содержащей целлюлозу и лигнин), которые

плохо перевариваются и поэтому не могут служить источником энергии для большинства травоядных.

Энергия, теряющаяся при дыхании, не передается другим организмам. Энергия же, заключенная в экскрементах и отходах метаболизма, передается детритофагам и редуцентам и, таким образом, не теряется для экосистемы.

При передаче энергии от продуцентов к консументам большая ее часть используется на поддержание рабочих процессов в клетках, а продукты расщепления подлежат удалению из организма в составе: экскрементов, мочи, пота, выделений различных желез и углекислого газа, образующегося при дыхании. Энергетические затраты на поддержание всех метаболических процессов условно называют *тратами на дыхание*, так как общие их масштабы можно оценить, учитывая выделения углекислого газа организмом. Меньшая часть усвоенной энергии пищи трансформируется в ткани самого организма, т. е. идет на рост или на откладку запасных питательных веществ, увеличение массы тела, линьки и т. п.

Эти отношения в общих чертах можно выразить уравнением

$$P = \Pi + Д + Н,$$

где P – рацион консумента, т. е. количество пищи, потребленной за определенный отрезок времени, кал/Дж; Π – продукция, т. е. энерготраты на рост, кал/Дж; Д – энерготраты на дыхание, кал/Дж; Н – энергия неусвоенной пищи, кал/Дж.

Трофические уровни. Звенья пищевой цепи, составленные сходными по типу питания и образу жизни группами организмов, получили название *трофических уровней*.

В пищевой цепи обычно выделяются следующие трофические уровни и группы организмов, их составляющие (рис. 5.5):

- *зеленые автотрофные растения;*
- *растительноядные животные-фитофаги;*
- *плотоядные животные-зоофаги (хищники первого порядка;*
- *хищные животные второго порядка;*
- *хищные животные третьего порядка, обычно более крупные хищники.*

Организмы первого трофического уровня называются *первичными продуцентами*. На суше большую часть продуцентов составляют растения лесов и лугов; в воде это, в основном, зеленые водоросли. Кроме того, производить органические вещества могут сине-зеленые водоросли и некоторые бактерии.

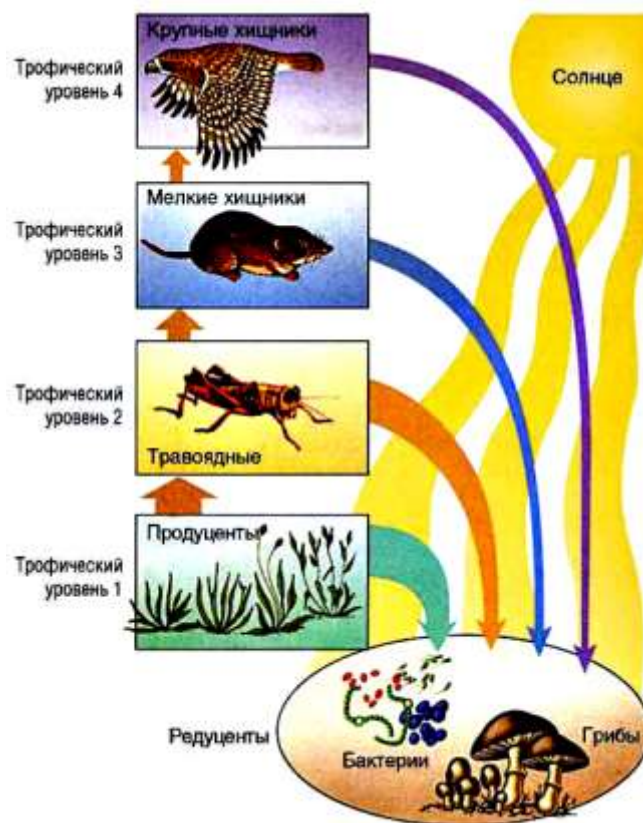


Рис. 5.5. Трофические уровни пищевой цепи

Организмы второго трофического уровня называются *первичными консументами*, третьего трофического уровня – *вторичными консументами* и т. д. *Первичные консументы* – это травоядные животные (многие насекомые, птицы и звери на суше, моллюски и ракообразные в воде) и паразиты растений (например, паразитирующие грибы). *Вторичные консументы* – это плотоядные организмы: хищники либо паразиты.

Пищевые цепи. Экосистеме присущи разнообразные пищевые отношения между автотрофами и гетеротрофными организмами. В результате поедания одного организма другим осуществляется трансформация вещества и перенос энергии. Перенос энергии пищи от ее источника (растений) через ряд организмов называется *пищевой цепью*. Таким образом, пищевая цепь является единицей функциональной организации экосистемы.

При изучении этого вопроса необходимо обратить внимание на разнообразие пищевых цепей.

Различается несколько типов пищевых цепей:

I. Пастбищная цепь в составе трофических уровней:

- 1) *продуценты* – зеленые растения;
- 2) *первичные консументы* – растительноядные животные;
- 3) *вторичные консументы* – хищные животные;
- 4) *третичные консументы* – вторичные хищники.

II. Детритная цепь:

- 1) *мертвое органическое вещество*;
- 2) *микроорганизмы*, питающиеся мертвой органикой;
- 3) *детритофаги* – потребители детрита;
- 4) *хищники*, питающиеся детритофагами.

III. Цепь паразитов:

- 1) *продуценты* – зеленые растения;
- 2) *первичные консументы* – паразиты растений;
- 3) *вторичные консументы* – паразитические животные, паразитирующие на паразитах растений (наездники);
- 4) *третичные консументы* (паразитические бактерии).

В последнее время на дне океана в зонах глубоководных гидротермальных источников обнаружены трофические цепи, состоящие из одних микроорганизмов и животных, т. е. без детрита. На таком микробном питании развиваются целые зооценозы из моллюсков, актиний, кораллов, которыми питаются крабы и рыбы. Эти процессы протекают при температурах до +150°C, а иногда и до +250°C.

Пищевые сети. Некоторые виды животных того или иного трофического уровня одной цепи питания временно или постоянно используют в пищу живые организмы, относящиеся к соответствующему трофическому уровню другой цепи питания данной экосистемы. Вследствие такого переплетения пищевыми взаимоотношениями животных разных цепей питания в составе экосистемы образуются сложные сочетания видовых популяций, названные зоологами циклами питания, получившими впоследствии название **пищевых сетей (трофических сетей)** (рис. 5.6).

Они тем сложнее, чем разнообразнее экосистема. Совокупность пищевых сетей составляет трофическую структуру экосистемы. Пищевая же цепь – это упрощенное выражение трофических отношений в экосистеме.

Экологические пирамиды. Схему пищевой цепи, отражающую взаимоотношения между функциональными компонентами

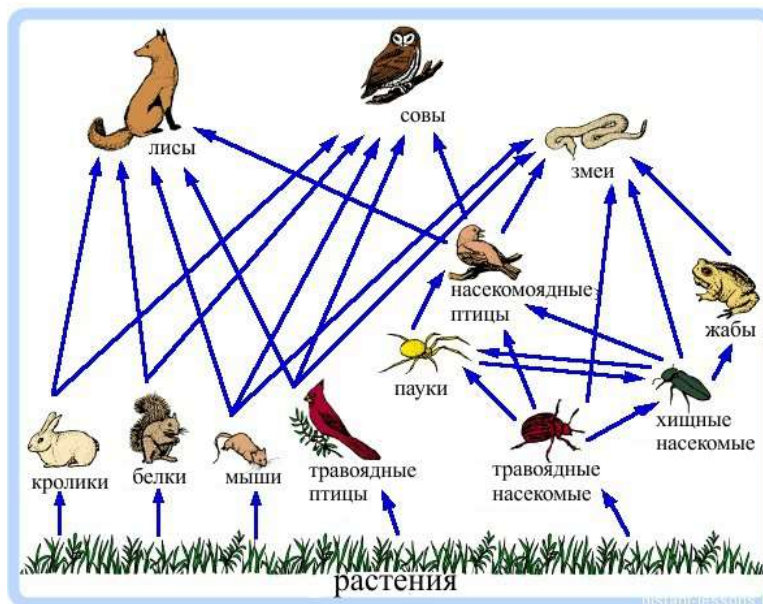


Рис. 5.6. Фрагмент пищевой сети луговой экосистемы

сообщества, можно представить графически.

Различают пирамиды чисел (численности), биомассы и энергии.

1. **Пирамида чисел** отражает количество организмов (отдельных особей) на каждом трофическом уровне. Следует подчеркнуть, что для удобства анализа эти количества отображаются прямоугольниками, длина которых пропорциональна количеству организмов, обитающих в изучаемой экосистеме, либо логарифму этого количества. Часто пирамиды численности строят в расчете на единицу площади (в наземных экосистемах) или объема (в водных экосистемах). При построении данных пирамид учет числа особей не представляет особых трудностей, но неудобство при построении пирамиды чисел заключается в больших различиях между продуцентами по размеру особей (фитопланктон, травянистые растения или деревья). Более того, численность особей на различных уровнях может быть настолько различной, что показатели практически невозможно отразить в одном масштабе.

При анализе пирамиды чисел **Ч. Элтон** (1930) выявил несколько закономерностей, названных им правилами.

Правило величины особей заключается в том, что цепи питания, как правило, идут от более мелких форм к более крупным.

Однако, поскольку размеры животных не могут увеличиваться беспредельно, число звеньев цепи не может превышать пяти-шести. Правда, из этого правила имеются исключения, приведенные *Р. Дажо* (1975): например, нападение волков на более крупных животных, чем сами, благодаря охоте сообща или умерщвление змеями крупных животных посредством выделяемого яда и пр.

Правило пирамиды чисел, сформулированное так: *число особей в каждом предыдущем звене бывает значительно больше, чем в последующем*. Только при этом условии смертность видов-жертв от истребления хищниками будет компенсироваться и численность их будет поддерживаться на определенном уровне. Пирамида чисел, как отмечает Р. Дажо, тем выше, чем большее число уровней входит в состав данной пищевой цепи.

Иногда пирамиды чисел могут быть обращенными, или перевернутыми. Это касается в основном водных экосистем (планктонный парадокс), а также в некоторые моменты времени пищевых цепей лесного биогеоценоза, когда продуцентами служат деревья, первичными консументами – насекомые. В этом случае уровень консументов (листогрызущих насекомых) по численности превосходит уровень продуцентов.

2. Пирамида биомассы отражает соотношение между продуцентами и консументами, выраженное в их массе (общем сухом весе) или другой мере общего живого вещества. Обычно в наземных биоценозах общий вес продуцентов больше, чем консументов. В свою очередь, общий вес консументов первого порядка больше, нежели консументов второго порядка и т. д. Если организмы не слишком различаются по размерам, то на графике, как правило, получается ступенчатая пирамида с сужающейся верхушкой (рис. 5.7).

Этот метод позволяет избежать неудобств, которые возникают при построении пирамиды чисел. В наземных и мелководных сообществах, в которых растения сравнительно крупные и долгоживущие, биомасса растений (первый трофический уровень) намного (в сотни раз выше), чем биомасса консументов, поэтому пирамиды биомассы имеют традиционный для пирамиды вид (широкое основание).

Как и в случае с пирамидами чисел, можно получить так на-



Рис. 5.7. Экологическая пирамида биомассы

зываемую *обращенную (перевернутую) пирамиду биомасс*, когда биомасса продуцентов оказывается меньше, чем консументов, а иногда и редуцентов, и в основании пирамиды находятся не растения, а животные (рис. 5.8). Конфигурация пирамиды биомассы претерпевает изменения в связи с сезоном года (например, зима и весна).



Рис. 5.8. Перевернутая пирамида биомассы

Правило биомассы, вытекающее из предыдущих правил, заключается в том, что биомасса с каждым последующим звеном цепи уменьшается в среднем в соотношении 10 : 1. Далеко не вся

масса какого-либо звена превращается в массу последующего звена, часть ее расходуется на процессы жизнедеятельности организмов, на их воспроизводство и т.п.

3. *Пирамида энергии.* Пирамиды биомассы не отражают энергетической значимости организмов и не учитывают скорость потребления биомассы. Выходом из положения является построение наиболее сложных пирамид – пирамид энергии. Они показывают количество энергии, прошедшее через каждый трофический уровень экосистемы за определенный промежуток времени (например, за год – чтобы учесть сезонные колебания). В отличие от пирамид численности и биомассы пирамида энергии всегда суживается кверху. При переходе к каждому последующему звену пищевой цепи общее количество энергии, передаваемой на более высокий трофический уровень, уменьшается.

На процессы метаболизма расходуется не вся пища, а только ее усваиваемая часть. Доля усваиваемой пищи определяется перевариваемостью кормов. Неусвоенная пища удаляется из организма в виде экскрементов. Усвоенная пища расходуется на процессы жизнедеятельности организмов. Энергия, израсходованная на процессы метаболизма, рассеивается в виде тепла. Эти потери для экосистемы в среднем составляют около 90%. Следовательно, на ростовые процессы расходуется примерно 10% энергии.

Эту закономерность, которая получила название **закона Линдемана**, или **правило 10%**, сформулировал *Р. Линдеман* в 1942 г.: с одного трофического уровня через пищевые цепи на другой переходит в среднем около 10% энергии.

Это еще одно доказательство, почему цепи питания обычно не могут иметь более 4–5 (редко 6–7) звеньев, а экологические пирамиды не могут состоять из большого количества этажей. К конечному звену пищевой цепи так же, как и к верхнему этажу экологической пирамиды, будет поступать так мало энергии, что ее не хватит в случае увеличения числа организмов. Именно поэтому большие хищники всегда немногочисленны. Поэтому также нет хищников, которые питались бы волками, тиграми или львами.

Неравномерность показателей при сопоставлении различных экологических пирамид дало основание Ю. Одуму сформулировать своеобразное *экологическое правило*, согласно которому «данные по численности приводят к переоценке значения мелких

организмов, а данные по биомассе – к переоценке роли крупных организмов». Поэтому при исследовании трофической структуры экосистемы наиболее подходящим показателем для сравнения любых компонентов пищевых цепей является поток энергии.

Динамика экосистем. Циклические изменения. При изучении динамики экосистем необходимо различать циклические изменения, флуктуации и сукцессии, которые отличаются особенностями протекания этих процессов и конечным результатом.

Динамичность – это одно из фундаментальных свойств экосистем. Все экосистемы, несмотря на относительную устойчивость, стабильность, испытывают со временем большую или меньшую перестройку своего компонентного состава, структуры и метаболизма. Характер, масштабы времени, в которых протекают эти изменения, различны. Изменения идут с разными скоростями, в различных направлениях, разной глубины и могут начинаться с изменения любого составляющего.

При исследовании динамики экосистем во времени основное внимание обращается на изменения растительности, т. е. на изменения состояния фитоценоза, поскольку изменения состояния фитоценоза влекут за собой и изменения состояния всего сообщества.

Для циклических изменений экосистем характерно периодическое возвращение последних в состояние, практически однородное с исходным, хотя и не тождественное. *Обратимый характер* таких изменений – одна из существенных особенностей, отличающих изменения экосистем от коренных смен. Это обусловлено периодической сменой ряда глобальных природных явлений с различной продолжительностью колебательных циклических изменений.

Различаются следующие типы циклических изменений экосистем:

– *суточные*. В течение суток не происходит принципиальных изменений видового состава и основных форм взаимоотношений в биоценозах, поэтому более точно следует говорить не о суточной динамике, а об аспектах суточной активности. Суточная активность, прежде всего, определяется изменением солнечной освещенности. Основными факторами, от которых зависят суточные изменения, являются смена дня и ночи, обусловленная вращением

Земли вокруг своей оси, и связанные с этим изменения солнечной радиации, а именно продолжительность светового периода в течение суток, интенсивность дневного освещения и др. В длительном историческом плане это находит выражение в формировании различных экологических групп, форм животных: дневных, к числу которых относится большинство животных, ночных (сова, летучая мышь и т. п.);

– *сезонные*. Они затрагивают фундаментальные характеристики экосистем, в первую очередь видовой состав и продуктивность. Основными факторами, определяющими сезонные изменения экосистем в странах с умеренным климатом, являются смена времен года, обусловленная обращением Земли вокруг Солнца, и связанные с этим колебания по временам года температурного режима, режима влажности воздуха и прочих метеорологических явлений. Сезонные изменения экосистем проявляются в смене внешнего облика и некоторых сторон состава и строения. В лесах наиболее выразителен весенний аспект, который образует раннецветущая группа растений, которая именуется подснежниками. На смену им приходят весенне-летние растения, которые сменяются летними и летне-осенними видами. Затем следует листопад и покой. У животных особое значение имеют сезонные миграции, периоды покоя (период диапаузы у насекомых, зимнее оцепенение у амфибий и рептилий, зимняя спячка у млекопитающих);

– *погодичные (разногодичные)*. Они отражают годовые колебания в соответствии с изменениями метеорологической, гидрологической обстановки, интенсивности жизнедеятельности живых организмов. Основным фактором, вызывающим такого рода изменения, является чередование ряда лет, характеризующихся одним типом погодных условий в вегетационный период, с последующим рядом лет с совершенно иным типом погоды; например, годы с ранней теплой весной и затяжной холодной весной или с сухим и жарким летом и дождливым прохладным летом и т. п. Погодичные изменения экосистем наиболее резко проявляются в растительной части. Заметные изменения по годам наблюдаются также в жизнедеятельности и темпах развития животного населения и микробного биокомплекса.

При сильных и резких изменениях погодных условий по годам или длительности чередующихся периодов подобного рода

изменения в составе и структуре живых компонентов экосистемы в целом могут перейти в необратимые, т. е. привести к коренной смене одной экосистемы другой;

– *многолетние*. Нормальное явление в жизни любой экосистемы. Они зависят от изменения по годам метеорологических условий (климатических флуктуаций) или других внешних факторов, действующих на сообщество (например, степени разлива рек). Кроме того, многолетняя периодичность может быть связана с особенностями жизненного цикла растений-эдификаторов, с повторением массовых размножений животных или патогенных для растений микроорганизмов и т. д.

Примером изменений экосистем, связанных с особенностями жизненного цикла растений-эдификаторов, могут быть преобразования в буковом лесу. Взрослые буки с плотно сомкнутыми кронами создают такую густую тень, что в лесу практически отсутствуют подлесок и травяной покров, а сеянцы буков пребывают в угнетенном состоянии и погибают. Когда старые деревья достигают предельного возраста и падают, через появившиеся «окна» на почву проникает солнечный свет и трогаются в рост молодые буки. Некоторое время древостой характеризуется разновозрастностью, пока не выпадут все старые деревья и не выйдут в первый ярус подростные молодые буки, после чего вновь устанавливается практически одноярусная структура фитоценоза. Весь цикл занимает около двух с половиной столетий.

Флуктуации. *Г. Глизон* в 1939 г. назвал изменения, которые завершаются возвратом к исходному состоянию, *флуктуациями* (лат. *fluctuation* – колебание).

По воздействующим факторам различаются следующие типы флуктуаций:

1) *экологические (климатогенные)*. Наиболее распространенный тип флуктуаций. Выраженность экологических флуктуаций определяется изменениями от года к году метеорологических и гидрологических условий, что отражает особенности климата района и гидрологии местоположения, в котором расположена экосистема. Они свойственны, например, всем луговым экосистемам;

2) *фитоциклические*. Относятся к растительным сообществам и связаны с особенностями биологических ритмов растений. Например, дуб обильно плодоносит в среднем 1 раз в 4 года и,

естественно, на следующий после массового плодоношения год в растительном сообществе будет много его всходов;

3) *зоогенные*. Обусловлены массовым развитием какого-либо вида животных (например, саранча, непарный шелкопряд и др.), в существенной степени изменяющим все сообщество, но на какое-то время;

4) *антропогенные*. Связаны с кратковременными и ненаправленными воздействиями человека. Например, перевыпас скота может привести к значительному изменению структуры травостоя пастбища. Или вырубка деревьев вызывает изменение структуры фитоценоза. Такие флуктуации всегда сочетаются с экотопическими, а иногда и с другими видами флуктуаций.

В чем же состоит экологическое значение циклических изменений экосистем?

– во-первых, благодаря этому в одной и той же экосистеме могут ужиться растительные и животные виды с различным ритмом развития и, следовательно, с различной периодичностью использования материально-энергетических ресурсов, что ведет к повышению устойчивости биогеоценоза;

– во-вторых, обеспечивается физиологическое обособление систематически близких видов, поскольку их органы размножения созревают в разное время. На определенной площади может разместиться больше особей и видов растений и животных с минимальной конкуренцией, чем при одновременном прохождении присущих им фаз и стадий развития.

Сукцессии. Количественные изменения (суточные, сезонные, погодичные), накапливаясь и с течением времени усиливаясь, могут перерасти в *качественные* и привести к коренному изменению данной экосистемы. При этом она становится *иной*, с иными качествами и свойствами. То есть происходит смена старой экосистемы новой. Такого рода смены экосистем во времени получили название **сукцессии** (гр. *succedo* – быть или стать на место чего-то другого). Ряд сменяющих друг друга экосистем во времени назван **серией смен** (сукцессии).

Суть сукцессионного процесса состоит в том, что каждый живой организм в результате жизнедеятельности меняет вокруг себя среду, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами метаболизма. В конечном итоге при более или менее длительном суще-

ствованием они меняют свое окружение в неблагоприятную сторону и в результате вытесняются популяциями других видов, для которых преобразования среды оказываются экологически выгодными. Таким образом, в сообществе происходит смена господствующих видов. Длительное существование биоценоза возможно лишь в том случае, если изменения среды, вызванные деятельностью одних организмов, точно компенсируются деятельностью других, с противоположными экологическими требованиями.

Причиной подобных смен могут быть внешние по отношению к экосистеме факторы, длительное время действующие в одном направлении, например, возрастающее в результате мелиорации иссушение болотных почв, увеличивающееся загрязнение водоемов, усиленный выпас скота, вытаптывание лесопарков населением городов и т. п. Возникающие при этом смены одного биоценоза другим называют *экзогенетическими*, или *аллогенными*. Если при этом усиливающееся влияние фактора приводит к постепенному упрощению структуры сообществ, обеднению их состава, снижению продуктивности, то подобные смены называют *дигрессионными*, или *дигрессиями*.

Сукцессии, происходящие вследствие изменения условий среды самими сообществами в отсутствие воздействия абиотических факторов, называются *эндодинамическими*, или *автогенными*. Классический пример такой сукцессии – зарастание озера или речной старицы и превращение ее сначала в болото, а затем, через длительный промежуток времени, в лесной биоценоз.

В свою очередь автогенные сукцессии могут быть *первичными*: развитие сообщества идет во вновь образовавшихся местообитаниях, на новых субстратах, где растительность ранее отсутствовала – песчаных дюнах (барханах), застывших лавовых потоках, осыпях, отмелях, голых скалах, отвалах грунта. При заселении таких участков живые организмы необратимо меняют местообитание и сменяют друг друга. Основная роль принадлежит накоплению отмерших растительных остатков или продуктов разложения, что зависит как от характера растительности, так и от комплекса разрушителей мертвой растительной массы – животных, грибов и микроорганизмов. Постепенно формируется почвенный профиль, изменяется гидрологический режим участка, его микроклимат.

Если сообщество развивается на месте, где ранее существовал

хорошо развитый биоценоз, то сукцессия будет **вторичной**. В таких местах обычно сохраняются богатые жизненные ресурсы. Поэтому вторичные сукцессии приводят к образованию климаксного сообщества значительно быстрее, чем первичные. В современных условиях вторичные сукцессии наблюдаются повсеместно. Они обусловлены последствиями, возникающими в результате пожаров, наводнений, распашки степей, вырубki лесов, осушения болот.

Концепция климакса. Заклучая рассмотрение вопроса о разнообразных процессах протекания сукцессий, обратим внимание на конечный итог сукцессионных преобразований экосистемы.

В любой сукцессионной серии темпы происходящих изменений постепенно замедляются. Постепенно нарастает видовое многообразие. Это ведет к усложнению связей внутри экосистемы, разветвлению цепей питания и усложнению трофической сети. Тем самым уменьшается вероятность слишком сильного размножения отдельных видов и снижается степень доминирования наиболее массовых форм. Процесс завершается формированием более или менее стабильной системы с уравновешенным типом биологического круговорота.

Конечным итогом является формирование относительно устойчивой стадии – **климаксового сообщества**, или **климакса** (гр. *klimax* – высшая точка, кульминация). Этот термин был введен экологом **Ф. Клементсом** в 1916 г. Начальные, пионерные группировки видов отличаются наибольшей динамичностью и неустойчивостью. Климаксовые же экосистемы способны к длительному самоподдерживанию в соответствующем диапазоне условий, так как приобретают такие черты организации биоценозов, которые позволяют поддерживать сбалансированный круговорот веществ.

Но такое климаксное состояние не бывает постоянным раз и навсегда установившимся. Иногда такие медленные изменения происходят столетиями, а бывает и относительно быстро. Лесной пожар может моментально уничтожить сложившийся устойчивый биоценоз, и на пожарище довольно быстро начнет создаваться новое сообщество. В лесу, населенном оленями, суровые погодные условия могут разрушить климакс, для достижения которого потребуются сотни лет. Глубокий снег лишает оленей их привычного зимнего корма, тогда как изголодавшиеся животные принимаются за кору деревьев и часто ее так обгладывают, что деревья гибнут.

Литература:

Основная

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2 т. Т. 1 / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
2. Гричик, В. В. Экология и рациональное природопользование: учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. В. Камлюк, Г. А. Семенюк; под ред. В. В. Гричика. – Минск: БГУ, 2013. – 207 с.
3. Коробкин, В. И. Экология и охрана окружающей среды: учебник / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 602 с.
4. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
5. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 744.
6. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
7. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Биология. Большой энциклопедический словарь / под ред. М. С. Гилярова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 864 с.
2. Дажо, Р. Основы экологии / Р. Дажо. – М.: Прогресс, 1975. – 415 с.
3. Дювиньо, П. Биосфера и место в ней человека (экологические системы и биосфера) / П. Дювиньо, М. Танг. – М.: Прогресс, 1973. – 270 с.
4. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.
5. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.
6. Основы лесной биогеоценологии / АН СССР; под ред. В. Н. Сукачева, Н. В. Дылиса. – М.: Наука, 1964. – 574 с.
7. Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М.: Журнал «Россия Моло-

дая», 1994. – 367с.

8. Розенберг, Г. С. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии: учеб. пособие / Г. С. Розенберг, Д. П. Мозговой, Д. Б. Гелашвили. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2000. – 396 с.

9. Ражкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Ражкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.

10. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

11. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М: Прогресс, 1980. – 327 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения литературы и лекционного материала охарактеризуйте функциональные компоненты экосистемы.

Функциональный компоненты	Примеры	Характеристика

Задание 2

Приведите примеры пастбищных и детритных пищевых цепей питания.

Задание 3

На рис. 5.9 отметьте автотрофные, гетеротрофные организмы, а также укажите функциональные группы данной экосистемы и перечислите их представителей.

Задание 4

Проанализируйте рис. 5.10 и составьте несколько пищевых цепей, характерных для холодных антарктических вод.

Задание 5

Проанализируйте рис. 5.11 и составьте несколько пищевые цепи лесной экосистемы.



Рис. 5.9. Прудовая экосистема

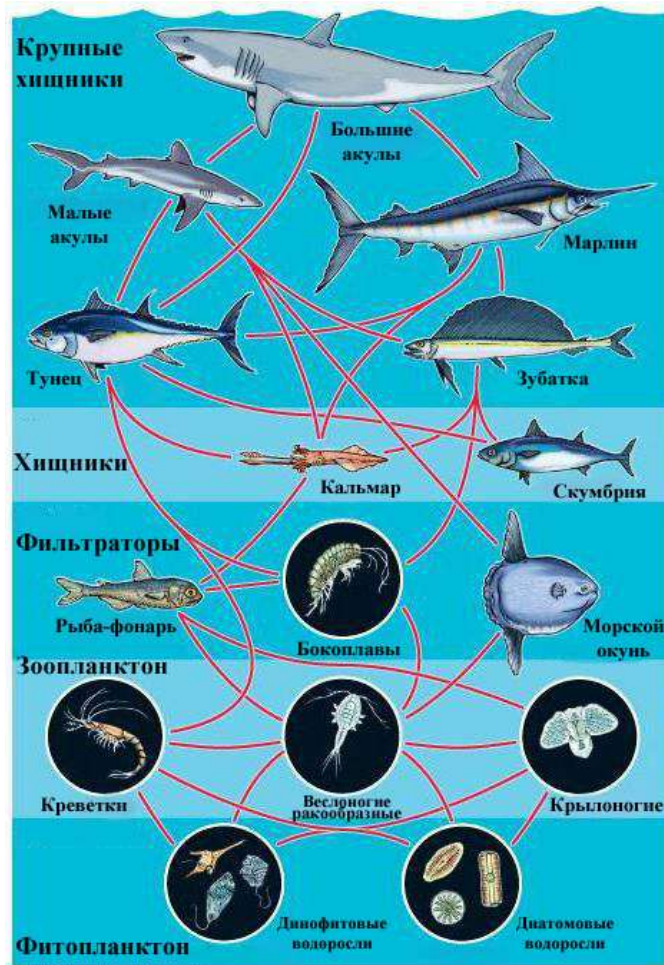


Рис. 5.10. Пищевые цепи водной экосистемы



Рис. 5.11. Пищевые цепи лесной экосистемы

Задание 6

Охарактеризуйте пирамиду чисел, представленную на рис. 5.12 и приведите свои примеры.

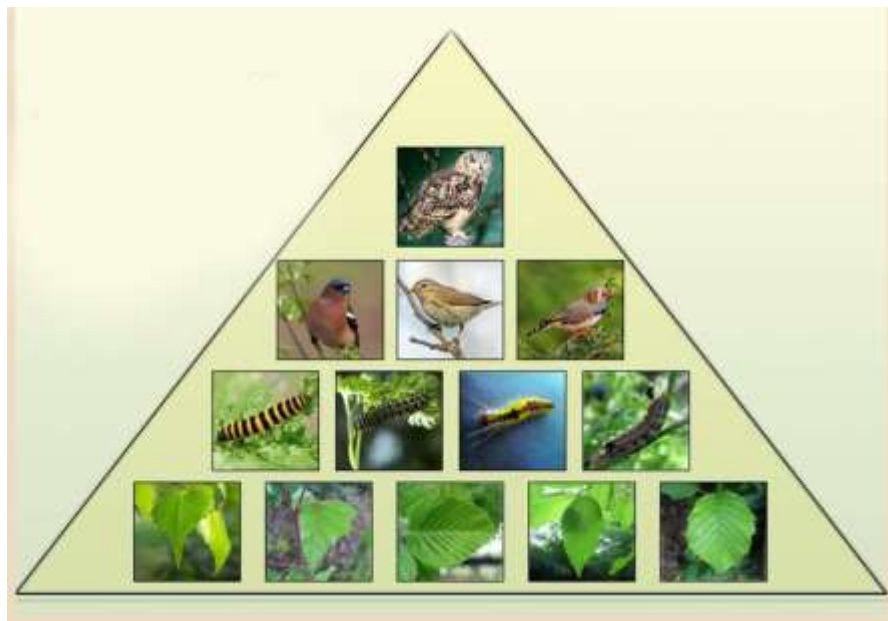


Рис. 5.12. Пирамида чисел по Ч. Элтону

Раздел VI. БИОСФЕРОЛОГИЯ

Занятие 13-14. Биосфера и ее постулаты

1. Общая характеристика биосферы.
 - 1.1. Определение биосферы как сферы жизни.
 - 1.2. Структура биосферы по В. И. Вернадскому.
 - 1.3. Биосферные постулаты В. И. Вернадского.
 - 1.4. Происхождение жизни и эволюция биосферы.
2. Живое вещество биосферы.
 - 2.1. Характеристики живого вещества.
 - 2.2. Планетарные функции живого вещества.
3. Распределение жизни и динамика биосферы.
 - 3.1. Границы биосферы.
 - 3.2. Неравномерность распределения жизни в биосфере.
 - 3.3. Основные биогеохимические циклы в биосфере. Круговорот воды.
4. Концепция ноосферы.
5. Ресурсы биосферы.
 - 5.1. Понятие и классификация природных ресурсов.
 - 5.2. Альтернативные виды ресурсов и перспективы их использования.

Теоретическая часть

Первые робкие мысли о существовании на нашей планете цельного сообщества живых организмов были сформулированы выдающимся французским естествоиспытателем *А. Лавуазье*. В своих работах он впервые обосновал принципиальную схему взаимодействия различных функциональных групп живых организмов – т. е. заложил основы понимания биотического круговорота.

Более цельное представление о биосфере было введено в естествознание известным французским натуралистом *Ж. Б. Ламарком*. Еще в своих лекциях во французской Сорбонне, начиная с 1800 г. он отмечал, что живые тела содержат все неорганические вещества, наблюдаемые в природе, и объяснил это активным уча-

ствием животных и растений в формировании поверхности Земли. Позже Ж. Б. Ламарк заключает, что все минералы внешней коры и состоящие из них элементы земной поверхности являются исключительно продуктами жизнедеятельности животных и растений, которые существовали на этих участках поверхности земного шара. Именно работы Ж. Б. Ламарка положили начало научным взглядам на существование на нашей планете определенного пространства, заселенного живыми существами и на то, что это пространство организовано именно жизнедеятельностью живых организмов.

Значительно позже в научный оборот термин «биосфера» ввел австрийский геолог, профессор Венского университета Э. Зюсс (1875). Под биосферой он понимал особую оболочку земной коры, охваченную жизнью, т. е. там, где встречаются живые организмы.

Как впоследствии писал **В. И. Вернадский** (1926): «Зюсс высказал новое очень большое эмпирическое обобщение, всех последствий которого он не предвидел». Однако при жизни Э. Зюсса развитие концепции о биосфере не происходило. Термин «биосфера» стали лишь изредка упоминать в геологической и географической литературе, однако каждый понимал его по-своему.

Структура биосферы. Начинать изучение строения и функционирования цельной экосистемы нашей планеты – биосферы следует со знакомства с ее структурой.

Заслуга в разработке наиболее стройного и целостного учения о биосфере как глобальной экосистеме Земли, где весь основной ход геохимических и энергетических превращений определяется жизнью, принадлежит академику В. И. Вернадскому. Изучая историю минералов, миграцию химических элементов в земной коре, В. И. Вернадский (выявил грандиозную роль живых организмов в геохимических процессах нашей планеты. Свое фундаментальное обобщение о строении и функционировании этой цельной «оболочки Земли» населенной живым веществом, он изложил в книге под названием «Биосфера», которая вышла в 1926 г.

В. И. Вернадский назвал биосферой ту оболочку Земли, в которой существует или когда-либо существовала жизнь и которая постоянно подвергалась и подвергается воздействию живых организмов. «Участие каждого отдельного организма в геологической истории Земли ничтожно мало. Однако живых существ на Земле

бесконечно много, они обладают высоким потенциалом размножения, активно взаимодействуют со средой обитания и в конечном счете представляют в своей совокупности особый, глобальных масштабов фактор, преобразующий верхние оболочки Земли...», – писал В. И. Вернадский (1926).

Согласно современным представлениям, **биосфера** (гр. *bios* – жизнь + *sphaera* – шар) – своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Таким образом, биосфера (область распространения живого вещества на Земле) представляет собой глобальный биотоп, населенный всеми живыми существами, в том числе и человеком, которые проживают на планете Земля.

Современная биосфера – сложная система, состоящая из многих компонентов, которые включают всю живую и неживую (среда обитания) природу. Она охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, взаимосвязанные биогеохимическими циклами миграции веществ и энергии (рис. 6.1).

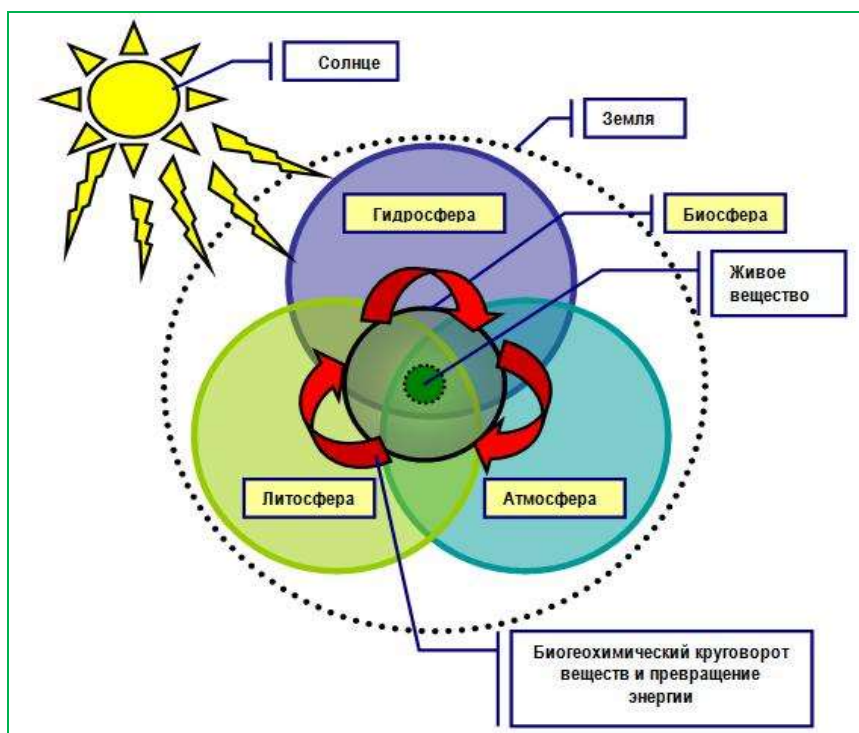


Рис. 6.1. Схема строения биосферы

В. И. Вернадский (1965) выделил в биосфере семь главных компонентов, глубоко разнородных, но геологически не случайных:

1) *живое вещество* (вся совокупность живых организмов на планете). Суммарная биомасса живого вещества биосферы составляет 2–3 трлн. т, причем 98% ее – это биомасса наземных растений. Биосферу населяют более 1,5 млн видов животных и 500 тыс. видов сосудистых растений. Однако если мысленно равномерно распределить все живое вещество по поверхности планеты, то получится слой толщиной всего около 2 см.

Живое вещество по массе занимает ничтожно малую часть Земли, однако оно играет исключительно важную роль в биосфере и не имеет равных среди других ее компонентов. Живое вещество – главная структурная единица биосферы;

2) *биогенное вещество* (вещество биогенного происхождения). Категория веществ, которые как образовались в результате жизнедеятельности живого вещества в прошедшие геологические эпохи, т. е. это продукты жизнедеятельности живого вещества, временно не участвующие в биотическом круговороте (каменный уголь, нефть, известняк), так и создаются в настоящее время (торф, сапрпель, гумус). Эти вещества в настоящее время не участвуют в биотическом круговороте.

Каменные угли известны с девона, когда в биосфере возникли леса. Горючие сланцы образовались из сапрпелей. Органическое вещество горючих сланцев представлено остатками фитопланктона, однако существуют «полугорючие» сланцы, где в составе органического вещества преобладают остатки зообентоса и зоопланктона. Нефть также образовалась в земной коре из биогенных веществ – остатков планктонных организмов.

Формирование биогенных веществ в современное время осуществляется при определенном воздействии живых организмов. Наиболее интенсивное накопление органического вещества в современной биосфере происходит в болотах и некоторых озерах. Это, прежде всего торф. В континентальных водоемах накапливаются остатки фито- и зоопланктона, донных и свободноплавающих организмов и экскрементов животных – сапрпель. Биогенные вещества аккумулируются и в Мировом океане;

3) *косное вещество*, образовавшееся без участия живых орга-

низмов. Оно находится в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. Большую, неживую часть нашей планеты образует именно косное вещество. Это скальные породы, гранит, базальты, камни, песок, минералы. В современных условиях это магматические горные породы, а также водяной пар и газы, которые поступают в атмосферу Земли при извержении вулканов, а также просачиваются в гидросферу при разломах земной коры на дне океанов;

4) *биокосное вещество*. Вещество, которое, по В. И. Вернадскому, является особой категорией и «создается в биосфере одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя системы динамического равновесия тех и других». Биокосное вещество планеты, в котором живые организмы играют ведущую роль – это разнообразные почвы, кора выветривания, все природные воды.

Биогенное выветривание связано с активным воздействием на горные породы бактерий, растительных и животных организмов. Бактерии образуют такие вещества, как азотная кислота, углекислый газ, аммиак и др., способствующие скорейшему растворению минералов, содержащихся в горных породах. Таким образом, процессы физического, химического и биогенного выветривания идут постоянно и повсеместно. Наверное, многие наблюдали, как в трещинах камней, на старых домах, на асфальте растут трава, кусты и даже деревья. Их корни, которые углубляются в трещины, расталкивают в стороны куски породы или кирпичи. Асфальтовое покрытие над такими корнями вздувается и, наконец, разрушается;

5) *вещество радиоактивного распада* (элементы и изотопы уранового, ториевого и актиноуранового ряда). Испускание радиоактивных частиц называется радиоактивным распадом. Различают альфа-распад (с испусканием альфа-частиц), бета-распад (с испусканием бета-частиц), термина «гамма-распад» не существует;

б) *вещество рассеянных атомов земного происхождения и космических излучений*. Рассеянные атомы – отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии (магний, кобальт, цинк, медь, золото). Атомы, непрерывно создающиеся из всякого рода земного вещества под воздействием космических излучений;

7) *вещество космического происхождения* (метеориты, космическая пыль). Ежедневно по расчетам астрофизиков на Землю попадает 10 т космической пыли. Метеорит – твердое тело космического происхождения, упавшее на поверхность Земли. Большинство найденных метеоритов имеют вес от нескольких граммов до нескольких килограммов. Крупнейший из найденных метеоритов – Гоба (масса 60 т) сохраняется на месте падения в юго-западной Африке (Намибия), близ фермы Гоба-Уэст, и является самым большим на Земле куском железа природного происхождения (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Метеорит «Гоба»

Полагают, что в сутки на Землю падает 5–6 т метеоритов, или 2 тыс. т в год.

Биосферные постулаты В. И. Вернадского. Он наполнил концепцию биосферы биогеохимическим смыслом, показав, что живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы, является мощной геологической силой, растущей с ходом времени, совершает в биосфере гигантскую геохимическую работу путем биогенной миграции атомов химических элементов и является одним из самых грандиозных процессов биосферы. Под миграцией понимается всякое перемещение химических элементов. Оно происходит при извержении вулканов и излиянии магмы, испарении и транспирации, выпадении осадков,

осуществляется движением водных масс, морскими течениями, ветром, тектоническими перемещениями и др. В. И. Вернадский обосновал законы (геохимические принципы), управляющие геохимической деятельностью живых организмов. Ими являются «всюдность» и «давление жизни», именуемые *биосферными постулатами Вернадского*. Они отражают основные функциональные характеристики живого вещества и биосферы, показывая, что жизнь ускоряет процессы в биосфере и тем самым нарушает химическую косность планеты.

«Всюдность жизни» означает, что биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению и захватывает все возможное пространство, живое вещество растекается по земной поверхности. Этот процесс обеспечивается не только повсеместным распространением живых организмов, но и большим разнообразием форм живого, длительностью его существования, функциональной разнокачественностью, степенью адаптивности к средам обитания, избирательным характером биохимической деятельности, исключительно высокой химической активностью по сравнению с другими компонентами природы и постоянным эволюционным процессом.

Давление жизни заключается в том, что эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых форм жизни в биосфере, идет в направлении, увеличивающем проявление биогенной миграции, биологических круговоротов атомов в биосфере. Новые формы не только расширяют область жизни, но и усиливают и меняют темп тока атомов через живое вещество, создают новые механизмы их движения.

Возникновение и развитие биосферы. Прежде чем рассмотреть живое вещество планеты и его характеристику в биосферном масштабе, кратко остановимся на важнейшей и не менее интересной проблеме современного естествознания – возникновение жизни в биосфере.

В свете современных представлений можно предполагать, что жизнь возникла при переходе химической эволюции вещества к эволюции биологической. Однако время и место этого перехода представляет собой загадку, к решению которой только подходят в последние годы. Как отметил выдающийся палеонтолог **Б. С. Соколов** (1993), даже на «сумасшедший вопрос», что древнее –

Земля или жизнь на ней, нельзя дать определенного ответа. Возможно, они ровесники, и поэтому предпочтительнее говорить о появлении жизни на Земле, а не о ее происхождении.

В 1861 г. знаменитый английский физик *Дж. Дж. Томсон* вычислил время остывания Земли и оценил ее возраст в 24 млн лет. На этом основании он выступил против эволюционной теории Дарвина, отметив, что за столь короткий срок не мог свершиться длительный процесс биологической эволюции путем естественного отбора и других факторов. Ч. Дарвин настолько был огорчен этим выступлением, что назвал известного физика «омерзительным явлением». Значительно позже в связи с открытием радиоактивности и использованием этого метода для измерения геологического времени оказалось, что расчеты Дж. Дж. Томпсона были ошибочны. Возраст Земли по современным оценкам равен приблизительно 4,55 млрд лет, а возраст древнейших, сохранившихся остатков земной коры приближается к 4 млрд лет.

До недавнего времени считалось, что возникновению жизни на Земле предшествовала очень длительная (миллиарды лет) химическая эволюция, включающая спонтанный синтез и полимеризацию органических молекул, объединение их в сложные системы, предшествующие клеткам, постепенное становление обмена веществ и т. п. (теория Опарина – Холдейна).

Однако путь от простых органических молекул до простейших живых клеток, обладающих способностью к размножению и аппаратом наследственности, считали очень долгим. К тому же древние породы казались безжизненными. С развитием тонких методов исследования органических молекул, содержащихся в архейских и протерозойских породах, а также остатков микроскопических клеточных структур, это мнение изменилось.

Самые древние ископаемые останки живых существ имеют возраст 3,5 млрд лет. Они найдены в осадочных породах северо-западной Австралии и представляют собой микроскопические одноклеточные организмы, в форме соприкасающихся друг с другом клеток, похожие на бактерий и очень напоминающих современную группу, известную под названием цианобактерии (сине-зеленые водоросли). Таким образом, можно сделать вывод, что очень рано появились фотосинтезирующие организмы. Эти ископаемые обнаруживают значительное морфологическое разнообра-

зие, что позволяет предположить их образование задолго до отложения этой древнейшей осадочной породы (рис. 6.3).

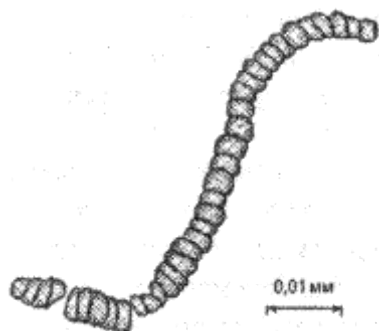


Рис. 6.3. Нитеподобная бактерия из осадочных пород Австралии по Дж. Макдугаллу

Сочетание недавно полученных палеонтологических, биогеохимических и изотопных данных упорно свидетельствует о том, что жизнь на Земле существовала столько времени, сколько существовала и сама наша планета.

Таким образом, в свете новых данных неизбежно следует вывод о раннем зарождении жизни в пределах Солнечной системы. Химическая эволюция вещества Земли и всех планет Солнечной системы совершилась еще в космических условиях в период, предшествующий их образованию. Возникает новая космохимическая проблема – выяснение способов возникновения ближайших предшественников жизни в процессах формирования самой Солнечной системы. Это сложная проблема, которая только недавно поставлена.

Нам сейчас трудно восстановить облик первых биосфер, хотя можно предположить, что древняя биосфера ограничивалась только преимущественно гидросферой.

Очевидно, что, интенсивно размножаясь, живые организмы в древней биосфере начали осваивать наземно-воздушную среду, принимать участие в формировании, а затем и заселении почвы. Живое вещество вовлекло в грандиозный круговорот все элементы ее поверхности. Так начался процесс создания биосферы, продолжающийся до настоящего времени.

И, наконец, появление человека разумного и его деятельность явилась качественно новым этапом в функционировании биосферы.

Первые представители рода *Homo* – Человек – возникли в самом конце кайнозоя, до ледникового периода, около 2,5 млн лет назад. Весь последующий отрезок истории Земли получил название *антропогена* вследствие особой роли человека в судьбе биосферы.

В итоге, сделаем вывод, что основные этапы эволюции биосферы как глобальной среды жизни целесообразно рассматривать с точки зрения закономерности и последовательности формирования основных сред жизни. С этих позиций четко выделяются ключевые этапы эволюции биосферы:

- возникновение и развитие живых организмов в водной среде;

- разделение живых организмов на растений и животных, а также появление у гидробионтов (водных организмов) биотических отношений (паразитизма, мутуализма, конкуренции и др.), т. е. формирование новой среды жизни – самих живых организмов;

- освоение живыми организмами суши и формирование наземно-воздушной среды и почвы;

- появление человека и превращение его из вида биологического в биосоциальный. Возникновение человеческого общества;

- возможный переход биосферы в новое состояние под воздействием человеческого общества.

Живое вещество и его характеристики. По В. И. Вернадскому, живое вещество – это совокупность существующих (или существовавших в определенный отрезок времени) живых организмов, являющихся мощным геологическим фактором. Целесообразно, прежде всего, в свете современных представлений рассмотреть характеристики живого вещества как форму активированной материи:

- 1) *живое вещество обладает «огромной свободной энергией».* Оно эффективно перерабатывает энергию солнечных излучений, атомную энергию радиоактивного распада и энергию рассеянных элементов, приходящих из космоса. Периодически в природе происходят всплески энергии с ее резким увеличением и образуется колоссальное скопление живого вещества, например, в период массового размножения;

- 2) *живому веществу присуща высокая скорость протекания химических реакций* (тысячи и миллионы раз быстрее по сравнению с неживым веществом). Например, некоторые гусеницы мо-

гут в сутки переработать пищи в 200 раз больше, чем весят сами;

3) *слагающие живое вещество органические соединения, важнейшими из которых являются белки, ферменты, устойчивы только в живых организмах.* В значительной мере это относится и к минеральным соединениям, входящим в состав живого вещества. После завершения жизненного цикла исходные органические вещества разлагаются на простые неорганические соединения;

4) *живое вещество характеризуется значительно большим разнообразием органических форм и химических соединений, чем неживое.* Известно более 2 млн органических соединений, входящих в состав живого вещества, в то время как неорганических насчитывается около 20 тыс.;

5) *живое вещество существует в виде непрерывного чередования поколений.* Благодаря этому вновь образовавшееся современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох. Доказательством служит неизменное число хромосом у особей одного вида на протяжении всего времени его существования;

6) *для живого вещества характерен эволюционный процесс.* Воспроизводство организмов происходит не по типу абсолютного копирования предыдущих поколений, а путем морфологических и биохимических изменений. Человек, имея значительное сходство со своими предками, отличается от них рядом морфологических, физиологических и психических особенностей.

Функции живого вещества. Различают пять основных функций живого вещества на нашей планете:

– *энергетическая функция* – основная планетарная функция живого вещества. В ее основе лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений, в процессе которой происходит аккумуляция солнечной энергии и ее перераспределение между живыми организмами биосферы. Можно утверждать, что за счет накопленной солнечной энергии протекают все жизненные процессы на Земле;

– *газовая функция.* Обуславливает образование, миграцию газов и их превращение, обеспечивая постоянство газового состава биосферы. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение. В процессе функционирования живого вещества появляются основные газы: кислород, азот, углекислый газ, серо-

водород, метан и др.

В настоящее время с газовой функцией связывают два переломных периода (точки) в развитии биосферы. Первая из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного уровня (*первая точка Пастера*), что обусловило появление первых аэробных организмов. С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными (примерно 1,2 млрд. лет назад). Второй переломный момент в содержании кислорода связывают со временем, когда концентрация его достигла примерно 10% от современного (*вторая точка Пастера*). Это создало условия для синтеза озона и образования озонового экрана в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши;

– *концентрационная функция*. Проявляется в извлечении и накоплении живыми организмами в своих телах биогенных элементов из окружающей среды. В основном это атомы кислорода, углерода, водорода, азота, натрия, магния, кремния, кальция, концентрация которых в телах живых организмов в сотни и тысячи раз выше, чем во внешней среде. Этим и объясняется неоднородность химического состава биосферы и ее существенное отличие от состава неживого вещества планеты;

– *окислительно-восстановительная функция*. Лежит в основе метаболизма живого организма. Данная функция связана с биогенной миграцией элементов и концентрированием живого вещества и выражается также в химических превращениях веществ в процессе жизнедеятельности организмов. В результате этого образуются соли, оксиды, формировались железные, марганцевые руды, известняки и т. д. При этом на поверхности Земли преобладают биогенные процессы окисления и восстановления;

– *деструкционная функция*. Обуславливает процессы, связанные с разложением организмов после их смерти, вследствие которой происходит минерализация органического вещества, т. е. превращение живого вещества в косное и вовлечение его в биогеохимический круговорот. Решающая роль в этом процессе принадлежит редуцентам.

Распределение живых веществ в наземно-воздушной и водной среде. Распределяются живые организмы по этим средам

жизни довольно неоднородно. Некоторые приспособились к какой-то одной среде: рыбы, ракообразные, моллюски, водоросли – к водной; земляные черви, личинки насекомых, грибы, бактерии – к почвенной. Но чаще всего жизнедеятельность многих органических форм проходит на границах сред или они в течение жизненного цикла переходят из одной среды в другую. Наземные растения живут и в почве (корни), и в воздушной среде (стебли и листья). При этом соотношение подземных и надземных частей их бывает просто поразительным. Например, у небольшого кустика верблюжьей колючки корневая система проникает вглубь почвы до 15 м, сам же кустик, который находится в воздушной среде, не достигает и 1 м.

Например, капустная совка, во взрослом состоянии (бабочка) пребывает в наземно-воздушной среде, а куколка переживает низкие зимние температуры в почве. У лягушек в начале жизненного цикла головастики живут исключительно в водной среде, а взрослые особи переходят к обитанию на суше.

Пленки жизни и сгущения. Максимальная концентрация живого вещества наблюдается там, где все три неорганические среды биосферы – почва, воздух и вода близко соседствуют друг с другом – в почве, т. е. пограничном слое между литосферой и атмосферой, в поверхностных слоях океана, на дне водоемов. Места наибольшей концентрации организмов в биосфере – пространственно протяженные участки относительно равномерно населенные живыми организмами **В. И. Вернадский** (1926) назвал *пленкой жизни*, а скопления живых организмов, имеющих относительно локальный характер *сгущениями жизни*. Сюда относятся дождевые тропические леса, альпийские луга и, особенно литораль, лиманы и эстуарии рек.

В океане наблюдаются сгущения жизни:

1) *прибрежные*. Возникают там, где встречаются обе пленки жизни – планктонная и донная, сочетают в себе солнечный свет и твердый субстрат. Характеризуются обильным притоком минеральных и органических веществ с континента и имеют еще одно благо – интенсивное перемешивание водной толщи. В результате сочетания всех этих факторов в прибрежных сгущениях биомасса планктона в сотни, а бентоса – во многие тысячи раз больше, чем в глубоководных районах;

2) *саргассовые*. Участки моря, переполненные не прикрепленными ко дну водорослями: саргассумом или филлофорой. Такой тип сгущения характеризуется очень высокой биомассой и чрезвычайно низкой продуктивностью живого вещества. Классическим примером сгущения жизни такого рода является экосистема Саргассового моря, расположенного у восточных берегов Северной Америки (рис. 6.4). Его биомасса составляет 4–11 млн т, т. е. примерно 1% всей биомассы живого вещества фотоавтотрофов Мирового океана;



Рис. 6.4. Саргассово море

3) *рифовые*. Это массовые мелководные поселения коралловых полипов и других морских организмов, имеющих твердый известковый скелет. Помимо кораллов, рифы создаются деятельностью разнообразных живых существ: зеленых и красных водорослей, моллюсков, иглокожих и других организмов.

Рифовые сгущения жизни – одна из самых высокопродуктивных экосистем биосферы. Растут рифы со скоростью 10 см/год, а иногда и до 25 см/год. Общая площадь всех рифов мира составляет 600 тыс. км² (что равняется территории Мадагаскара). Один лишь Большой Барьерный риф, протянувшийся вдоль восточного побережья Австралии, превосходит по объему все постройки человека;

4) *рифтовые*. Образуются в местах разломов земной коры в

рифтовых зонах, зонах геотермальной активности. Основа жизни здесь – хемосинтез и симбиоз с бактериями. Для живых организмов характерен гигантизм, быстрый рост, высокая плодовитость и много прикрепленных форм. Для них свойственна необычайно высокая плотность жизни: биомасса в некоторых случаях в 10 000–100 000 раз больше, чем в других местах океана на этих же глубинах;

5) *апвеллинговые*. Приурочены к районам океана, где имеет место восходящее движение водных масс от дна к поверхности (апвеллинг). Они несут много донных органических и минеральных отложений и в результате активного перемешивания хорошо обеспечены кислородом. Эти высокопродуктивные экосистемы являются одним из основных районов промысла морепродуктов.

Границы биосферы. Неорганическая среда биосферы подразделяется на атмосферу, гидросферу и литосферу.

Атмосфера – наружная газообразная оболочка Земли, простирающаяся до высоты 100 км. На высоте 25–27 км большую часть ультрафиолетового излучения Солнца озоновый слой поглощает, и поэтому все живое, попадающее выше защитного слоя, погибает. И хотя специфических организмов, которые всю свою жизнь проводили бы только в воздухе, нет, наземные и почвенные тесно с ним связаны. В воздушной среде значительную часть своей жизни проводят птицы и насекомые. В воздухе в определенные периоды находятся семена растений, бактерии, споры грибов, простейшие и их цисты. Обычно они не поднимаются выше 50–100 м над поверхностью земли, но споры некоторых бактерий и плесневых грибов были обнаружены на высоте до 22 км. Условно это и будет верхняя часть биосферы.

Гидросфера покрывает Землю на $\frac{2}{3}$, остальное занято сушей. На суше гидросфера представлена фрагментарно – озерами, реками, грунтовыми водами. Абсолютное большинство водных масс в гидросфере (94–95%) состоит из морской воды. Остальная вода – ледники, водяные пары и пресные воды суши. Три четверти пресной воды недоступны организмам, так как законсервированы в ледниках гор и полярных шапках Арктики и Антарктиды. Особенностью водной среды является то, что гидробионты заселяют всю ее толщу – от поверхности до глубин в океанических впадинах (свыше 11 000 км).

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, которая колеблется в различных регионах от 50 до 200 км. Верхний слой литосферы называется земной корой. В глубь Земли живые организмы проникают на небольшое расстояние. В литосфере жизнь ограничивается, прежде всего, температурой горных пород и подземных вод. Условно нижнюю границу биосферы можно провести по изотерме $+100^{\circ}\text{C}$ (критическая температура для развития большинства бактерий). На территории европейской части она проходит на глубине 10–5,0 км, в молодых альпийских прогибах – 1,5–2,0 км.

Установлено, что биосфера как область жизни охватывает верхнюю часть литосферы (до 15 км в глубину), всю гидросферу (до 11 км в глубину) и нижнюю часть атмосферы (до 2225 км в высоту) (рис. 6.5). Обозначенные границы жизни в известной степени являются условными и в известной степени завышенными.

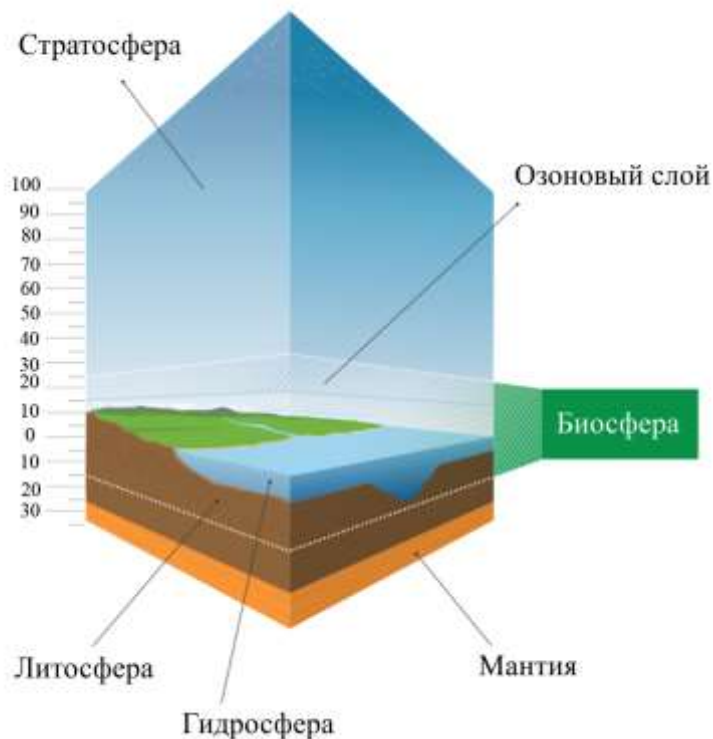


Рис. 6.5. Условные границы биосферы

Однако по сути дела все живое распространено в очень тонком слое, именуемом *пленкой жизни* или *слоем сгущения жизни*.

На суше жизнедеятельность абсолютного большинства живых организмов ограничена глубиной проникновения корней растений в почву. В среднем эта величина составляет 3–4 м. На море, несмотря на то, что жизнь и обнаружена на всей глубине, большинство обитателей концентрируется на глубине до 150 м, что связано с глубиной проникновения солнечных лучей. Глубже 400 м находятся, в общем, только гетеротрофные животные и бактерии. И хотя некоторые птицы и насекомые могут подняться на несколько километров, рано или поздно они неизбежно опускаются на поверхность земли. Можно сказать, что в атмосфере (в наземно-воздушной среде) пленка жизни ограничена высотой деревьев.

Концепция ноосферы. Особо подробно следует остановиться на расхожем, особенно на страницах популярных экологических изданий «зеленых», термине «ноосфера».

Представление о *ноосфере* (гр. *noos* – разум + *sphaira* – шар), т. е. «сфере разума» связано главным образом с научной деятельностью В. И. Вернадского. Находясь под впечатлением его лекций, прочитанных в парижской Сорбонне, французский математик *Э. Леруа* ввел понятие о ноосфере в 1927 г., а своим единомышленником и соавтором назвал ученого геолога и палеонтолога *Пьера Тейяра де Шардена*, который сочетал христианское мировоззрение с наукой. По П. Т. де Шардену, «...ноосфера лишь ступень в развитии планеты. Духовное объединение человечества – вот движущая сила ноосферы. Любовь к Богу и порождение ею любовь ко всему сущему приведет к новому этапу эволюции ноосферы, когда совершится ее вхождение в мир Божественного совершенства». Эту фазу мировой эволюции П. Т. де Шарден называл «*точкой Омега*».

Основоположники учения о ноосфере – Э. Леруа, П. Т. де Шарден, В. И. Вернадский, отчасти П. Флоренский – вкладывали в понятие «разум человека» божественное начало (снисхождение к людям божественного разума), что следовало из их общего мировоззрения. В частности, развивая учение о биосфере, В. И. Вернадский придавал понятию ноосферы форму закона, трактуя ее как высшую стадию развития биосферы, связанной с возникновением и становлением в ней цивилизованного общества, с периодом, когда разумная деятельность человека становится главным определяющим фактором развития.

В. И. Вернадский (1944) писал: «...исторический» процесс на наших глазах коренным образом меняется. Впервые в истории человечества интересы народных масс – всех и каждого – и свободной мысли личности определяют жизнь человечества, являются мерилем его представлений о справедливости. Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого.

Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера. «**Ноосфера** есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупной геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И, может быть, поколение моей внучки уже приблизится к их расцвету. Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее – в новый стихийный геологический процесс – в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны. Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере. Ноосфера – последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории – состояние наших дней. Ход этого процесса только начинает нам выясняться из изучения ее геологического прошлого в некоторых своих аспектах...».

Иными словами, хаотичное развитие, основанное на процессах естественной саморегуляции, будет заменено разумной стратегией, базирующейся на прогнозно-плановых началах, регулирования процессов естественного развития.

То есть **ноосфера** – это гармоническое соединение природы и общества, это торжество разума и гуманизма, это мир без оружия, войн и экологических проблем, это мечта человечества.

Мечта и вера, конечно, светлая, но весьма далекая от реальности и недостаточная ни как научный прогноз, ни как определение закона ноосферы, хотя сам закон, безусловно, справедлив в том

смысле, что если человечество не начнет разумно регулировать свою численность и давление на природу, сообразуясь с ее законами, биосфера в измененном виде может сохраниться, но цивилизация, а не исключено, что и вид – человек разумный погибнут.

В. И. Вернадский исходил из сциентистского взгляда на отношения человека и природы, т. е. считал, что наука может решить практически любые проблемы вплоть до управления основными циклами веществ и перехода человека на «автотрофное питание» с непосредственным использованием солнечной энергии для производства продуктов питания (минуя растения).

Взгляды В. И. Вернадского на ноосферу – пример экологического утопизма. Система связей в биосфере («биосферный рынок») столь сложна, что человек не может управлять ей. Серьезные вмешательства в биосферные круговороты ведут к резкому обострению экологической ситуации, что уже наблюдается сегодня (разрушение озонового экрана, потепление климата, глобальное загрязнение среды, появление новых «экологических болезней» и т. д.).

Переход биосферы в ноосферу считался несомненным благом, несущим человечеству разрешение всех проблем. Основоположники учения о ноосфере верили, что человеческий интеллект, превращаясь в планетарную геологическую силу, приведет к упорядочению и социальной деятельности, к более совершенным формам бытия. Однако в конце XX в. люди заговорили о выживании. Появилась угроза существованию природы как самостоятельной целостности. Между тем отношение к ноосфере продолжает быть преимущественно восторженным, будто ее развитие никак не связано с кризисом современной цивилизации. Тревожные экологические тенденции современности заставляют критически относиться к этим стереотипам.

Ряд ученых, в том числе и известный американский эколог **Ю. Одум** (1986), полагают, что правильнее говорить в настоящее время лишь о существовании начальных стадий развития ноосферы (протоноосферы), имеющей принципиальные отличия от ее будущего состояния. Хотим мы того или нет, но вскоре человек станет перед выбором: *либо он будет по-прежнему развивать промышленность и жить на своеобразной «индустриализованной» планете, все меньше и меньше напоминающей ту «живую» планету,*

которая образовалась в результате миллиардов лет биологической эволюции, либо он должен действовать в соответствии с принципами экологии и распространить на себя те же критерии, которым подчиняются растения и животные. Являясь частью природы, человек не может в течение длительного времени безнаказанно пренебрегать биологическими законами.

Таким образом, только предельная гуманизация общества (процесс тоже противоречивый и неоднозначный), относительно бесконфликтное его включение в систему биосферы, основанное на использовании только прироста ресурсов, может спасти человечество.

Управлять люди будут не природой, а прежде всего собой, своим обществом. В этом смысл закона ноосферы.

Человек может сохраниться только вместе с биосферой, «встроив» свою хозяйственную деятельность в биосферные круговороты. Известный математик и эколог **Н. Н. Моисеев** (1990) писал о возможности «коадаптации человека и биосферы» и формирования на этой основе некоего «квазистойчивого состояния», при котором изменения круговоротов веществ не будут превышать пороговых значений, когда могут произойти необратимые изменения.

Литература:

Основная

1. Гричик, В. В. Экология и рациональное природопользование: учеб. пособие / В. В. Гричик, Л. В. Камлюк, Г. А. Семенюк; под ред. В. В. Гричика. – Минск: БГУ, 2013. – 207 с.
2. Маврищев, В. В. Основы экологии: учеб. пособие / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.
3. Радкевич, В. А. Экология: учебник / В. А. Радкевич. – Минск: Выш. шк., 1998. – 159 с.
4. Федорук, А. Т. Экология: учеб. пособие / А. Т. Федорук. – Минск: Выш. шк., 2013. – 462 с.
5. Чернова, Н. М. Общая экология: учебник / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Дополнительная

1. Вернадский, В. И. Биосфера (избранные труды по биохимии) / В. И. Вернадский. – М.: Мысль, 1967. – 374 с.
2. Вернадский, В. И. Живое вещество и биосфера / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1994. – 676 с.
3. Войткевич, Г. В. Основы учения о биосфере / Г. В. Войткевич, В. А. Вронский. – М.: Просвещение, 1989. – 267 с.
4. Вронский, В. А. Прикладная экология: учеб. пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 512 с.
5. Макдугалл, Дж. Д. Краткая история планеты Земля: горы, животные, огонь и лед / Дж. Д. Макдугалл. – СПб.: Амфора, 2001. – 383 с.
6. Маврищев, В. В. Основы экологии / В. В. Маврищев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 447 с.
7. Маргалев, Р. Облик биосферы / Р. Маргалев. – М.: Наука, 1992. – 213 с.
8. Миркин, Б. М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.
9. Моисеев, Н. Н. Человек и ноосфера / Н. Моисеев. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
10. Моисеев, Н. Н. Современный антропогенез и цивилизационные разломы. Эколого-политологический анализ / Н. Н. Моисеев // Вопросы философии. – 1995. – № 1. – С. 3–30.
11. Раждкоў, Л. М. Экалогія з основамі метэаралогіі / Л. М. Раждкоў. – Мінск: Ураджай, 1995. – 341 с.
12. Собещук, О. П. Основы экологии / О. П. Собещук. – Минск: БГТУ, 2005. – 110 с.

Практическая часть

Задание 1

После изучения лекционного материала и литературы заполните таблицу, указав структурные компоненты биосферы по В. И. Вернадскому.

Компонент	Примеры	Характеристика

Задание 2

После ознакомления с лекционным материалом и литературой заполните таблицу, раскройте функции живого вещества.

Функция	Примеры	Характеристика

Задание 3

Охарактеризуйте:

- малый круговорот воды;
- большой круговорот воды.

Задание 4

Нарисуйте схему и объясните круговорот углерода в биосфере.

Задание 5

Назовите и охарактеризуйте этапы эволюции биосферы с точки зрения формирования основных сред жизни и антропогенного воздействия.

Задание 6

Назовите альтернативные источники получения энергии и перспективы их использования в Беларуси.

Занятие 15-16. Охрана природы. Эколого-правовая ответственность

1. Охрана природы.
 - 1.1. История становления охраны природы.
 - 1.2. Характеристика особо охраняемых природных территорий (ООПТ).
 - 1.3. Стратегические направления охраны природы.
2. Красная книга.
 - 2.1. Цель, назначение и структура Красной книги.
 - 2.2. Красная книга Беларуси.
3. Эколого-правовая ответственность.

3.1. Дисциплинарная ответственность за нарушение экологического законодательства.

3.2. Административная ответственность за нарушение экологического законодательства.

3.3. Уголовная ответственность за нарушение экологического законодательства.

3.4. Гражданско-правовая ответственность за нарушение экологического законодательства.

4. Национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь.

Теоретическая часть

Прежде, чем говорить об охране природы полезно познакомиться с историей возникновения природоохранного движения и образования особо охраняемых природных территорий.

За очень короткое в геологическом масштабе время человечество вырубил, сожгло, распахало, застроило и уничтожило более $\frac{2}{3}$ площадей лесов, которые покрывали нашу планету в момент появления на ней человека. Леса покрывали почти всю территорию нынешней Беларуси, за исключением крупнейших болотистых массивов и участков в поймах рек. Здесь водилось бесчисленное множество самых разнообразных зверей и птиц. Полноводные реки и озера с кристально-чистой водой были богаты рыбой и раками. Изменения растительности, вызванные человеком, вначале были невелики, так как нарушенные луговые и лесные экосистемы достаточно быстро восстанавливались.

Самые существенные и заметные изменения в природных комплексах Земли произошли в результате интенсивного развития промышленности и крупномасштабного сельскохозяйственного освоения земель. В большинстве своем естественные экосистемы сменились искусственными, которые создал человек для своих нужд. Всего лишь два-три столетия понадобилось, чтобы довести природу до грани истощения.

Но охраной и планированием разумного использования природных богатств, в том числе и дикой фауны, люди могли заняться лишь после Второй мировой войны. С целью охраны животного и

растительного мира по инициативе ЮНЕСКО в 1948 г. был создан Международный союз по охране природы и природных ресурсов (МСОП). К середине 2005 г. он объединял 82 государства, 111 правительственных и 800 неправительственных организаций, а также около 10 тыс. ученых из 181 стран мира.

Для осуществления конкретных мер в по сохранению окружающей среды МСОП создан ряд комиссий: охраны редких и исчезающих видов животных и растений; национальных парков и других охраняемых территорий; планирования ландшафтов; природоохранного просвещения, экологии и т.п.

Стратегические направления охраны природы в XXI в.
Здесь следует рассмотреть, какие же усилия направлены мировым сообществом на сохранение природы? В сохранении естественных экосистем и популяций живых организмов непосредственно в местах их обитаний успешно развиваются ныне две основные формы:

- развитие сети охраняемых территорий;
- охрана видов на преобразованных деятельностью человека природных территориях.

Особо охраняемые природные территории являются ключевым звеном в организации охраны большого числа видов животных и растений. Их площадь постоянно растет, однако подавляющее их большинство по территории таково, что не в состоянии обеспечить жизненное пространство для многих видов, особенно для крупных животных. Из этого положения должен быть сделан один существенный вывод: *если мы хотим сохранить в наших заповедниках, национальных парках на длительный срок крупных редких животных, необходимо разработать и осуществлять специальные мероприятия по поддержанию их популяций в жизне неспособном состоянии.*

Таковыми мероприятиями могут быть:

- обмен генетическим материалом между разными охраняемыми территориями;
- снижение пресса естественного отбора в первые годы жизни;
- создание так называемых буферных зон вокруг этих территорий.

Это означает, что в ряде случаев все-таки возможно вмешиваться в жизнь животных в заповедниках и национальных парках, не пытаясь оставлять их нетронутыми, как эталоны неизменной природы. Впрочем, в связи с нарастающим антропогенным прессом практически на всю биосферу чистых эталонных зон уже практически не существует.

Следует обратить внимание на еще один важный момент. Даже при самых благоприятных условиях охраняемые территории не могут в среднем составлять более 10–15% от всей площади. В настоящее время в Беларуси они занимают немногим около 9% территории. Поэтому первостепенным по важности становится второе направление – возможность сосуществования живой природы и человека на одной территории, «бок о бок».

Здесь существуют разнообразные и обычно недостаточно оцениваемые обнадеживающие тенденции. Они связаны в первую очередь с экологизацией всей жизни общества, в т.ч. с экологизацией сельского, лесного и промыслового хозяйства, рекреации, урбанизации:

- резкое сокращение добычи редких и исчезающих видов растений и животных;

- разработка путей борьбы с загрязнением окружающей среды и в частности путей и способов биodeградации загрязнителей (очистка сточных вод посредством использования так называемого активного ила - сложного комплекса разных микроорганизмов, водорослей простейших, минерализующих многие загрязнители, новые штаммы микроорганизмов, быстро утилизирующих нефтезагрязнители),

- разведение в контролируемых условиях (в ботанических садах Канберры и Претории содержится около 25% местной флоры, в Индонезии и Бразилии содержатся питомники приматов), инкубация икры рыб и зарыбление молодью естественных водоемов и т.п.;

- создание центров реабилитации, где оказывают помощь пострадавшим и раненым животным,

- экологическая инженерия – разработка проектов по ренатурализации, акклиматизации и сохранении растений и животных.

Завершая рассмотрение этого раздела, следует указать на то, что существует основополагающее правило охраны природы –

правило меры преобразования природных систем, которое гласит: *в ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдержания (саморегуляции).*

При изучении природоохранной тематики обычно обращают внимание на негативные последствия деятельности человечества, но как, ни опасны и даже трагичны порой антропогенные влияния для живой природы, человек способен восстанавливать численность видов, по тем или иным причинам поставленных на грань вымирания. В подавляющем большинстве случаев численность видов восстанавливалась после специальных активных мероприятий. Все эти и многие подобные факты вселяют уверенность в целесообразности и эффективности активных действий по восстановлению численности редких видов.

Число подобных примеров достаточно велико:

– *европейский бобр*. Начальная численность (до начала подавляющего антропогенного воздействия) – сотни тыс. – минимальная (20-е годы XX в.) – около 700 – современная – около 200 тыс. Главные факторы восстановления численности: запрет промысла, организация заповедников, реакклиматизация (расселение);

– *зубр европейский*. Начальная численность – десятки тыс. – минимальная (1948 г. XX в.) – 48 экз. – современная – около 2000 тыс. Главные факторы восстановления численности: организация заповедников, заказников, запрет охоты, организация центров размножения и акклиматизации;

– *бизон американский*. Начальная численность – несколько млн. – минимальная (1883 г. XX в.) – 20 экз. – современная – около 20 000 тыс. Главные факторы восстановления численности: запрет охоты, охрана в национальных парках, реакклиматизация;

– *амурский тигр*. Начальная численность – несколько сот – минимальная (1935 г. XX в.) – 30 экз. – современная – около 200. Главные факторы восстановления численности: запрет охоты, организация заповедников;

– *белый журавль (США)* – начальная численность – несколько тыс. – минимальная (1948 г. XX в., Штат Техас) – 14 экз. – современная – около 500. Главные факторы восстановления численно-

сти: организация национальных парков, запрет охоты, организация центров размножения и акклиматизации.

– *северный морской слон* (США, Мексика). Начальная численность – сотни тыс. – минимальная (1890 г. XX в.) – 20 экз. – современная – более 100 тыс. Главные факторы восстановления численности: запрет охоты, охрана мест размножения.

Определенный интерес в деле охраны природы представляют взгляды известного эколога Поля, который предлагает новую природоохранную стратегию, основанную на пяти принципах, которые он назвал «железными законами охраны природы» (Биология охраны природы..., 1983):

1) *в охране природы возможны только успешная оборона или отступление. Наступление невозможно; вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены.*

Первый закон самоочевиден. Даже если бы было возможным восстановить экосистему с точно таким же видовым составом, какой был раньше, она неизбежно стала бы эволюционировать по-иному, так как генетическая структура, слагающих ее популяций будет уже иной;

2) *продолжающийся рост народонаселения и охрана природы принципиально противостоят друг другу.*

С одной стороны, экономический рост населения дает дополнительные рабочие руки, что очень выгодно при экстенсивном росте общественного прогресса, но с другой стороны рост людности превращается в угрозу для человечества. **Т. Мальтус** с учетом того, что его идеи были высказаны в XVIII в. в принципе оказался прав и это следует откровенно признать;

3) *экономическая система, охваченная манией роста, и охрана природы тоже принципиально противостоят друг другу.*

Стремление к гигантизму буквально генетически заложено в психологии людей. Вероятно, на определенном этапе экономического и социального развития он оправдан, но еще и еще раз приходится повторять, что гигантизм всегда есть начало конца. Закон оптимальности неумолим — все грандиозное чрезвычайно уязвимо. (Киты, сверхкрупные сельхозпредприятия, супертанкеры). Отсюда экономическая мания количественного роста и охрана природы несовместимы между собой. Отрицательный количествен-

ный рост должен компенсироваться качественным усовершенствованием.

Девиз – малое, но совершенное, функционально большое, но при меньшем размере – неминуемо должно стать основополагающим;

4) *не только для всех других живых организмов, но и для человечества смертельно опасно представление о том, что при выработке решений об использовании Земли надо принимать во внимание одни лишь ближайшие цели и немедленное благо Homo sapiens.*

Монокультура человечества столь же опасна, как и любая монокультура;

5) *аргументы об эстетической ценности различных форм жизни, о том интересе, которые они представляют сами по себе в основном попадают в уши к глухим. Охрана природы должна считаться вопросом благосостояния и в более далекой перспективе – выживания человека.*

Характеристика особо охраняемых природных территорий (ООПР).

Изучение раздела начнем с определения. **Особо охраняемые природные территории** – участки земли (включая атмосферный воздух над ними и недра) с уникальными, эталонными или иными ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное, историко-культурное, эстетическое и иное значение, изъятые полностью или частично из хозяйственного оборота, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования. Таким образом, основной целью объявления территорий особо охраняемыми природными территориями является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия.

В настоящее время в нашей стране действует классификация (ООПР) по степени строгости заповедного режима. Сюда относят следующие категории (Закон Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях»):

– **заповедник.** Особо охраняемая природная территория, объявленная в целях сохранения эталонных и иных ценных природных комплексов и объектов, изучения животного и растительного мира, естественных экологических систем и ландшафтов;

– *национальный парк*. Особо охраняемая природная территория, объявленная в целях восстановления и (или) сохранения уникальных, эталонных и иных ценных природных комплексов и объектов, их использования в процессе природоохранной, научной, просветительской, туристической, рекреационной и оздоровительной деятельности;

– *заказник*. Особо охраняемая природная территория, объявленная в целях восстановления, сохранения и (или) воспроизводства природных комплексов и объектов, природных ресурсов одного или нескольких видов с ограничением использования других природных ресурсов;

– *памятник природы*. Особо охраняемая природная территория, объявленная в целях сохранения уникальных, эталонных и иных ценных природных комплексов и (или) объектов в интересах настоящего и будущих поколений.

Отдельно следует остановиться на такой форме особо охраняемых территорий как «*Рамсарские угодья*». В Беларуси они имеют статус заказника. В 1971 г. в г. Рамсар (Иран) была подписана Рамсарская конвенция («*Конвенция о водно-болотных угодьях*»), о территориях («*Рамсарские угодья*»), которые имеют международное значение, главным образом как места проживания водоплавающих птиц. Позднее конвенция расширила сферу деятельности и охватила все аспекты охраны и использования водно-болотных угодий, выделяя их в качестве экосистем, имеющих чрезмерную важность для сохранения биоразнообразия и поддержания общебиологического баланса. Беларусь присоединилась к Рамсарской конвенции в 1999 г., образовав первое Рамсарское угодье – заказник «Споровский» (Брестская область).

Во многих странах мира существуют так называемые *резерваты природы*. По своему режиму и назначению они близки к заказникам. И разделяются по международной классификации на 28 категорий. В большинстве случаев они создаются на неопределенный длительный срок. Но есть и так называемые строгие резерваты, например, в Финляндии (Лапландский резерват – места гнездовий многих водоплавающих птиц), где оберегается весь природный комплекс, куда не допускаются туристы. Эти резерваты по своему назначению близки к нашим заповедникам.

Основные особо охраняемые природные территории Беларуси. Эти территории являются национальным природным достоянием нашей страны и поэтому необходимо более подробно на них остановиться.

Березинский биосферный заповедник образован в 1925 г. XX в., его площадь составляет 85 149 га. В 1979 г. ему присвоен статус «биосферный». Здесь присутствуют четыре типа экосистем: леса, болота, водоемы и луга. Основным типом являются леса, занимающие около 80% территории заповедника. Естественные болота заповедника занимают 43 000 га, что делает его одним из крупнейших болотных массивов в Европе.

Все биосферные заповедники мира проектируются по единой принципиальной схеме, обязательной для всех заповедников такого ранга. Структура биосферного заповедника включает три зоны:

1) в центре *ядро заповедника*, в котором охраняется биологическое разнообразие животных и растений. Это абсолютно заповедная зона, где запрещаются все виды хозяйственной деятельности, и обеспечивается естественный ход природных процессов;

2) *буферная зона*, более широкая, которая формируется вокруг ядра. В ней частично разрешены те виды деятельности, которые совместимы с развитием природных устойчивых систем. Здесь ведется наблюдение за структурой и функционированием экосистемы, когда она подвергается различным видам антропогенного воздействия;

3) *охранная* или *переходная зона*, которая формируется для снижения негативного влияния прилегающих хозяйственных территорий на природные комплексы заповедника. Режим ведения хозяйства в этой зоне согласуется с администрацией заповедника.

Национальный парк «Беловежская пуща» образован в 1991 г. XX в., с 1939 до 1991 гг. функционировал как заповедно-охотничье хозяйство. Его площадь более 100 тыс. га. Это неповторимый уникальный природный комплекс. Беловежская пуща располагается на стыке разных растительных зон. Первое упоминание о ней относится к IX в. Нынешняя Беловежская пуща – лишь маленькая частица того огромного когда-то лесного массива. Необычайное сочетание растений – представителей юга и севера, приморского и континентального климата – характерная черта растительности пущи. В 1992 г. решением ЮНЕСКО № 73 Государственный национальный

нальный парк «Беловежская пуца» включен в Список всемирного наследия человечества.

Национальный парк «Припятский» образован в 1969 г. XX в. и функционировал как *Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник* – площадь 65056 га. В 1999 г. он преобразован в Национальный парк. Природные комплексы национального парка являются пойменной экосистемой, наиболее сохранившейся в естественном состоянии. Это уникальный комплекс пойменных дубрав, а также болотные сообщества (верховые, переходные и низинные), которые представляют собой остатки крупнейшего болотного массива Европы, значительно сократившего свою площадь в связи с интенсивными мелиоративными работами.

Национальный парк «Браславские озера» образован в 1995 г. Его площадь 71490 га. Самыми привлекательными природными особенностями национального парка являются его рельеф и озера. Его территория представляет собой своеобразный природный комплекс с неповторимым сочетанием лесистых гряд, холмов, озер, заболоченных низин, малых рек и речных долин.

Национальный парк «Нарочанский» образован в 1999 г. XX в. площадью 97300 га. Основной целью создания национального парка явилось сохранение уникального природного комплекса, включающего неповторимые холмистые ландшафты, Нарочанскую группу озер и бывший заказник «Голубые озера».

Функциональные зоны Национальных парков представлены в таблице 7.

Цель, назначение и структура Красной книги. Особое внимание следует уделить знакомству с Красной книгой, которая во многом сыграла решающую роль при планировании мероприятий по восстановлению численности редких и исчезающих видов растений и животных.

Катастрофическое снижение видового разнообразия растений и животных на нашей планете явилось причиной принятия срочных мер по их охране, поддержании численности и воспроизвод-

Таблица 7

Функциональные зоны национальных парков Беларуси

Название	Предшест-	Функциональные зоны, %
----------	-----------	------------------------

парка	вовавшие ОТ и зоны отдыха	Заповедная	Регулируемого использования	Рекреационная	Хозяйственная
Беловежская пуца	Заповедно-охотничье хозяйство «Беловежская пуца»	17,9	65,0	12,3	4,8
Браславские озера	Заказники: «Межозерный», «Заболотье», зона отдыха «Браслав»	3,8	41,3	17,6	37,3
Припятский	Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник	35,5	52,3	0,7	11,5
Нарочанский	Заказники: «Голубые озера, Швакшты, Черемшица, Пасынки, Рудаково»; курорт «Нарочь»	13,1	86,1	0,6	0,2

ству. В организационной структуре МСОП (*Международный союз по охране природы и природных ресурсов*) в 1949 г. XX в. была создана специальная комиссия по оценке состояния и определения опасности, нависшей над живой природой, и в первую очередь над высшими позвоночными животными и над высшими сосудистыми растениями. Само название комиссии говорит о ее задачах – «Комиссия службы выживания», таково ее буквальное название в переводе с английского. В литературе и обиходной речи она часто называется «Комиссией по редким и исчезающим видам». В результате многолетней работы комиссии в 1963 г. впервые появился реестр редких и исчезающих видов диких растений и живот-

ных. Он требовал простого и запоминающегося названия, которое предложил председатель комиссии *Питер Скотт*, сын выдающегося полярного исследователя капитана *Роберта Скотта*, погибшего при исследовании Южного полюса. Реестр назвали *Red Date Book*, т.е. Красная книга фактов. В дальнейшем ее название упростилось – **Красная книга**.

Первую Красную книгу решено было издать как перекидной календарь – в виде скрепленных листов. Каждому виду, занесенному в нее отводился отдельный лист с описанием систематического положения, прошлого и современного распространения, общей численности, основных сведений об образе жизни, причинах сокращения численности, характеристики охранных мероприятий. Здесь же приводился список литературы, в которой упоминался данный вид и для некоторых карты встречаемости. Сведения о видах, находящихся под угрозой исчезновения, приводились на красных листах, чтобы подчеркнуть их бедственное положение, об остальных – на белых.

Издание Красной Книги МСОП послужило методологической основой к подготовке таких книг в отдельных странах.

Красная книга Республики Беларусь. Она представляет собой аннотированный и иллюстрированный перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Беларуси видов диких животных и дикорастущих растений, подлежащих охране. Это документ, на основании которого осуществляется долгосрочное прогнозирование и разработка практических мер, направленных на охрану, воспроизводство и рациональное использование.

Что из себя представляет Красная Книга? Это систематизированный перечень редких и исчезающих видов животных и растений с описанием: распространения, основных местообитаний (для растений произрастаний), численности, сведения об образе жизни, принятые и необходимые меры охраны, источники информации. В Книгу помещены картосхемы с указанием мест обитания или произрастания на территории республики каждого редкого вида или находящегося под угрозой исчезновения, даны рисунки их или фотографии.

Первое издание Красной Книги Беларуси вышло в 1981 г. XX в. В то время в эту Красную Книгу было включено 80 видов животных и 85 видов растений. Во второе издание 1993 г. было уже

включено 182 вида животных и 180 видов растений, но в то же время исключено 2 вида животных и 10 видов растений. Третье издание Красной Книги вышло: отдельно том «Животные» в 2004 г. – 189 видов и том «Растения» в 2005 г. – 274 вида. Четвертое издание Красной книги вышло в 2015 г. В нее было занесено 202 вида животных и 303 вида растений (табл. 8).

Таблица 8

Виды растений и животных, занесенных в Красную Книгу Беларуси

Таксон	Издание			
	1-е	2-е	3-е	4-е
Растения				
Высшие растения	85	156	173	189
Мохообразные	–	15	27	34
Грибы	–	17	29	34
Лишайники	–	17	24	25
Водоросли	–	9	21	21
ВСЕГО	85	214	274	303
Животные				
Млекопитающие	10	14	17	20
Птицы	45	75	72	70
Пресмыкающиеся	2	2	2	2
Земноводные	1	1	2	2
Круглоротые (миноги)	–	–	1	1
Рыбы	7	5	10	9
Моллюски	1	1	2	2
Насекомые	9	78	70	87
Многоножки	–	1	1	1
Паукообразные		–	1	1
Ракообразные	5	5	10	6
Пиявки	–	–	1	1
ВСЕГО	80	182	189	202

Все виды животных и растений в Красной Книге Согласно Новой версии 3.1 категорий и критериев МСОП, принятой Советом МСОП в 2000 г., разделены на 4 категории:

- **I категория (CR – критически уязвимые)** – (находящиеся под глобальной угрозой исчезновения) наивысшей национальной природоохранной значимости, включает таксоны, имею-

щие очень низкую или быстро сокращающуюся численность, спасение которых невозможно без специальных мер (страна несет ответственность за сохранение значительной доли от глобальной или европейской популяции).

Среди животных, занесенных в Красную Книгу Беларуси по этой категории: европейская норка, беркут, орел-карлик, сизоворонка, атлантический лосось (семга), стерлядь. Из растений этой категории можно указать: ятрышник шлемоносный, лобелия Дортмана, валериана двудомная, пихта белая.

- **II категория (EN – исчезающие, угрожаемые)** – (*находящиеся под критической угрозой исчезновения*) включает таксоны, имеющие низкую численность и тенденцию к неуклонному сокращению численности или ареала и прогнозируемое в ближайшее будущее ухудшение статуса.

Среди животных это: европейский зубр, бурый медведь, европейская рысь, орлан-белохвост, скопа, филин, белая куропатка, гребенчатый тритон, европейский хариус, жук-олень, стрельчатая пяденица. Из представителей растительного мира в эту категорию попали: ятрышник мужской, плющ обыкновенный, береза карликовая, дуб скальный, кубышка малая. Из грибов: трюфель шелковистый, трутовик розовый.

- **III категория (VU-уязвимые)** – (*уязвимые виды*) включает таксоны не находящиеся под прямой угрозой исчезновения, но подверженные риску вымирания, делающие их уязвимыми при любых даже незначительных изменениях окружающей среды.

Из животных к данной категории относится: барсук, крапчатый суслик, соня-полчок, белка-летяга, летучие мыши – малая вечерница и северный кожанок, большая белая цапля, серый журавль, черный аист, хохлатый жаворонок, болотная черепаха, рыбец, жужелица блестящая, широкопалый рак, медицинская пиявка. Из растений это: медвежий лук (черемша), колокольчик сибирский, кадило сарматское (мелиссолостное), водяной орех, кувшинка белая. Из грибов: лисичка серая, лишайник – лобария легочная.

- **IV категория (NT-близкие к угрожаемым, потенциально уязвимые)** – (*близкие к первым трем*) включает таксоны имеющие неблагоприятные тенденции на окружающих территориях или зависимые от осуществляемых мер охраны.

Из животных в данную категорию вошли: серый гусь, белоспинный дятел, усатая синица, воробьиный сыч, европейская корюшка (снеток), решетчатая и фиолетовые жужулицы.

Полагают, что само создание Красной книги уже решило проблему: жить или не жить диким животным, которые в нее включены. Но это не так. Красная книга – сигнал тревоги и свод данных, характеризующих положение с видами животных и растений, попавших в беду. Она дает также краткие рекомендации по их возрождению и дальнейшему хотя-бы сохранению в неволе или при полувольном содержании. Красная книга в первую очередь она является справочным пособием и адресована специалистам, работающим в области экологии и охраны природы.

Ощутимый эффект от Красной Книги определяется не ее созданием, а воплощением в жизнь тех идей и положений, на которых она «сконструирована», для практического использования.

Эколого-правовая ответственность (*ответственность в области охраны окружающей среды и природопользования*) является основой правового обеспечения рационального природопользования и охраны окружающей среды. Она может быть рассмотрена с различных позиций: как определенная сфера общественных отношений, так и совокупность правовых норм, регулирующих такую сферу отношений. Указанная совокупность правовых норм составляет правовой институт экологического права.

Эколого-правовая ответственность связана с *экологическим нарушением*, т.е. несоблюдением, невыполнением норм, обеспечивающих гармоничное, научно обоснованное сочетание экологии и экономики в процессе осуществления общественного производства.

Вследствие чего выступает *экологическая ответственность* – это экономико-правовой комплекс, соединяющий в себе нормы и соответствующие им отношения по возмещению и предупреждению вреда природной среде.

Основанием экологической ответственности является в большинстве случаев *экологическое правонарушение*, под которым понимается противоправное, виновное действие или бездействие, нарушающее урегулированные нормами права общественные отношения и причиняющие вред государству, природопользователям и окружающей среде, а через них – и здоровью человека, либо

содержащее реальную угрозу причинения такого вреда. Экологические правонарушения в зависимости от степеней общественной опасности делятся на *преступления* и *проступки* (деликты). В свою очередь проступки (деликты) подразделяются на *дисциплинарные, административные и гражданско-правовые*.

Из-за особенностей отдельных компонентов природной среды можно выделить следующие виды экологических правонарушений: нарушения лесного законодательства; нарушения законодательства об охране и использовании растительного и животного мира; нарушения законодательства об особо охраняемых природных территориях и т.д.

В целом, эколого-правовая ответственность – это комплексный правовой институт.

Дисциплинарная ответственность за нарушение экологического законодательства. Дисциплинарные проступки экологического характера являются следствием нарушения различного рода норм и правил, связанных с использованием и охраной природных ресурсов, которые закрепляются в правилах внутреннего трудового распорядка, должностных инструкциях, функциональных обязанностях должностных лиц и других работников предприятий, организаций и учреждений.

Дисциплинарный проступок в области экологических отношений – это неисполнение или ненадлежащее исполнение работником (должностным лицом) возложенных на него трудовых обязанностей, связанных с использованием и охраной окружающей среды.

Дисциплинарная ответственность за экологический проступок устанавливается в соответствии со ст. 99 Закона «Об охране окружающей среды», а применение дисциплинарной ответственности регламентировано ст.ст. 197–204 Трудового кодекса Республики Беларусь (ТК РБ). В соответствии со ст.ст. 400–409 ТК РБ нарушители законодательства в области охраны окружающей среды могут быть привлечены к материальной ответственности, которая выражается в обязанности работника возместить вред, причиненный по его вине организации в результате ненадлежащего исполнения своих трудовых обязанностей. К нарушителям могут быть применены следующие виды дисциплинарных взысканий: *замечание, выговор или увольнение*.

Административная ответственность за нарушение экологического законодательства. Она выражается в применении административного взыскания к физическому лицу, совершившему административное правонарушение, а также к юридическому лицу, признанному виновным и подлежащему административной ответственности в соответствии с Кодексом Республики Беларусь об административных правонарушениях от 21 апреля 2003 г. (КоАП РБ).

Составы правонарушений в области природопользования и охраны окружающей среды перечислены в главе (гл.) 15 КоАП «Административные правонарушения против экологической безопасности, окружающей среды и порядка природопользования» (ст. 15.1–15.37; 15.48–15.63). Ряд составов правонарушений находится в иных главах (например, в гл. 10 КоАП установлена административная ответственность за нарушение права государственной собственности на недра, воды, леса, животный мир – ст. 10.1–10.4 и т.д.).

За правонарушения в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды применяются следующие виды административных взысканий: *предупреждение, штраф, конфискация предмета, явившегося орудием совершения правонарушения или непосредственным объектом правонарушения, лишение специального права* (например, права охоты).

Субъектами административной ответственности могут быть физические лица, в т.ч. индивидуальные предприниматели, а также юридические лица. Административная ответственность для физических лиц наступает с 16 лет. За ряд правонарушений физическое лицо может нести ответственность в возрасте от 14 до 16 лет (например, ст. 15.29 – за нарушение требований пожарной безопасности в лесах или на торфяниках и т.д.).

Дела об административных правонарушениях, рассматриваются должностными лицами органов, ведущих административный процесс, уполномоченными составлять протоколы об административных правонарушениях.

Уголовная ответственность за нарушение экологического законодательства – это один из видов экологической правовой ответственности. Она наступает за представляющие обществен-

ную опасность правонарушения против экологической безопасности и природной среды.

Преступления против *экологической безопасности и природной среды* – это совершенное умышленно или по неосторожности общественно опасное деяние, причинившее или могущее причинить вред земле, водам, недрам, лесам, животному и растительному миру, атмосфере и другим природным объектам, отнесенным к таковым законодательством об охране окружающей среды, независимо от форм собственности.

Общественная опасность уголовно наказуемого деяния определяется характером наступивших последствий, например, совершение нарушений в течение года после наложения административного взыскания за такие же нарушения (ч. 1 ст. 282 УК), смерть либо заболевания людей (ч. 3 ст. 272 УК), причинение ущерба в крупном либо особо крупном размере (ст. 264, ст. 276 УК) и т.д.

Что касается причиненного ущерба, то он может быть двух видов: крупный и особо крупный. Крупным размером ущерба (примечание 2 к гл. 26 УК РБ) признается размер ущерба на сумму, в 250 и более раз превышающую размер базовой величины, установленный на день совершения преступления, особо крупным – в 1000 и более раз превышающую размер такой базовой величины.

В гл. 17 УК РБ «Преступления против мира и безопасности человечества» установлена уголовная ответственность за *экоцид*, т.е. умышленное массовое уничтожение растительного или животного мира, либо отравление атмосферы или водных ресурсов, либо совершение иных умышленных действий, способных вызвать экологическую катастрофу (ст. 131 УК РБ). В гл. 26 УК РБ «Преступления против экологической безопасности и природной среды» определена часть состава преступлений в области окружающей среды (например, ст.ст. 263-268). В гл. 33 «Преступления против порядка управления» установлена уголовная ответственность за самовольное занятие земельного участка (ст. 386) и т.д.

Выделяют две группы экологических преступлений, в основу которых положен объект посягательства:

– первую группу образуют преступления, которые посягают

на экологический правопорядок в целом. Например, сокрытие, либо умышленное искажение сведений о загрязнении окружающей среды (ст. 279 УК РБ);

– у второй группы экологических преступлений объектом выступает порядок использования и охраны отдельных компонентов природной среды или природный объект. Например, порча земель (ст. 269 УК РБ), загрязнение леса (ст. 275 УК), незаконная охота (ст. 282 УК РБ) и т.д.

УК РБ предусматриваются за совершение экологических преступлений различные виды наказаний: от штрафа до лишения свободы:

– *штраф (денежное взыскание)* назначается в пределах, предусмотренных УК РБ, в размере, соответствующем определенному количеству базовых величин, установленных законодательством Республики Беларусь на момент назначения наказания, либо в размере заработной платы или иного дохода, осужденного за определенный период;

– *лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью* используется в виде основного или дополнительного наказания в тех случаях, когда совершение преступления связано с должностным положением осужденного либо характером его профессиональной деятельности;

– *общественные работы* заключаются в выполнении осужденным в свободное от основной работы или учебы время бесплатных общественно полезных работ, вид которых определяется органами местного самоуправления. Они устанавливаются на срок от 60 до 240 ч и отбываются не свыше 4 ч в день;

– *исправительные работы* отбываются по месту работы осужденного, при этом из его заработка производятся удержания в доход государства в размере, установленном приговором суда, в пределах от 5 до 20%. Данный вид наказания – ограничение свободы. Оно заключается в содержании осужденного, достигшего к моменту вынесения судом приговора восемнадцатилетнего возраста, в специальном учреждении без изоляции от общества в условиях осуществления за ним надзора;

– *арест* заключается в содержании осужденного в условиях строгой изоляции от общества;

– лишение свободы на определенный срок предусматривается за многие экологические преступления, например, за умышленные уничтожение либо повреждение особо охраняемых природных объектов; умышленные уничтожение либо повреждение памятников природы или других особо охраняемых природных объектов и комплексов при отсутствии признаков более тяжкого преступления; нарушение режима особо охраняемых природных территорий и объектов и т.д.

Уголовная ответственность применяется только по приговору суда и предусматривает более суровые виды наказания по сравнению с иными видами ответственности.

Субъектами уголовного наказания за экологические преступления могут быть только физические лица, достигшие 16-летнего возраста.

Гражданско-правовая ответственность за нарушение экологического законодательства в соответствии с Гражданским Кодексом Республики Беларусь (ГК РБ) предусматривает возмещение вреда, нанесенного в результате нарушения законодательства в рассматриваемой области природопользования, юридическими и физическими лицами в порядке и размерах, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

В качестве причинителей вреда окружающей среде могут выступать юридические и физические лица, в т.ч. индивидуальные предприниматели.

Составными частями экологического вреда являются:

– *ущерб имущественный* – ущерб, нанесенный имуществу физического или юридического лица вследствие причинения ему вреда или неисполнения заключенного с ним договор;

– *убыток* – выраженный в денежной форме ущерб, который причинен одному лицу противоправными действиями другого. Он включает *реальный ущерб*, т. е. расходы, которые лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение его имущества и *неполученные доходы*, которые это лицо получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (*упущенная выгода*).

– *моральный вред* как элемент экологического вреда заключа-

ется в нравственных или физических переживаниях и страданиях в связи с ухудшением состояния здоровья человека из-за неблагоприятных условий окружающей среды и т.д.

Важнейшим принципом возмещения вреда согласно статье 933 ГК РБ является принцип полноты возмещения вреда, в соответствии с которым лицо, ответственное за причинение вреда, обязано возместить вред в *натуре* (предоставить вещь того же рода и качества и т. п.) или возместить причиненные *убытки*.

Вред, причиненный объектам животного мира и (или) среде их обитания в результате правонарушения, подлежит возмещению лицом, его причинившим, в размере, определенном по *таксам* и *методикам*, а при невозможности такого определения – по *фактическим затратам* на воспроизводство объектов животного мира и (или) на восстановление нарушенного состояния среды их обитания.

Такса представляет собой условную единицу исчисления ущерба в базовых величинах. Она является средней величиной стоимости всей суммы отрицательных последствий от правонарушения. Действующим законодательством таксы установлены для исчисления размера взысканий за ущерб, причиненный незаконным изъятием или уничтожением диких животных и вредным воздействием на среду их обитания. Например, такса за незаконное изъятие или уничтожение зубра, лося, оленя благородного, медведя бурого составляет 95 базовых величин, рыси – 30, окуня речного – 0,2 базовой величины и т.д.

При незаконном изъятии или уничтожении:

– диких животных, их частей и (или) дериватов, подпадающих под действие Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС), вред возмещается на основании такс, исчисленных в двойном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному;

– диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, вред возмещается на основании такс, исчисленных в тройном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному;

– диких животных, относящихся одновременно к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь и являющимся об-

разцами СИТЕС, вред возмещается на основании такс, исчисленных в тройном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному;

– диких животных, обитающих в угодьях, в которых запрещено их изъятие или уничтожение, либо рыбы в сроки, когда ее изъятие или уничтожение запрещено, вред возмещается на основании такс, исчисленных в тройном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному либо виду рыбы;

– диких животных либо рыбы орудиями, принципы работы которых основаны на использовании электромагнитного поля, ультразвука, или путем взрыва вред возмещается на основании такс, исчисленных в пятикратном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному либо виду рыбы и т. д.

Незаконно добытые объекты животного мира и полученная из них продукция подлежат обязательному изъятию, а при невозможности изъятия взыскивается их стоимость в порядке и размерах, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

Национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь. Усиливающиеся тенденции сокращения биологического разнообразия и возможностей устойчивого (не истощительного) использования природных биологических ресурсов во многих частях Земного шара вынуждают людей всех стран совместно искать пути предотвращения обеднения природных экосистем, частью которых является Беларусь. В июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро высшие руководители более чем 100 стран, в том числе и Республики Беларусь, подписали Конвенцию о сохранении биологического разнообразия.

Практические мероприятия по осуществлению были разработаны в нашей стране в 1997 г.

Основные направления деятельности по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия:

1. Формирование государственной политики, совершенствование законодательной базы в области сохранения и устойчивого использования биоразнообразия (разработка и совершенствование законодательных документов, внедрение принципа приоритетности экологических принципов и интересов над экономическими...).

2. Совершенствование организации управления и государственного контроля за сохранением и использованием биологического разнообразия (Организация и ведение государственных кадастров и учета природных ресурсов, организация широкомасштабного мониторинга за состоянием биоразнообразия, совершенствование системы показателей техногенного загрязнения – ПДК и т.д.).

3. Создание эколого-экономических основ регулирования, сохранения и использования биоразнообразия (регулирование использования объектов растительного и животного мира, оценка экологического ущерба, проведение экологической экспертизы).

4. Развитие фундаментальной и прикладной науки в области сохранения и устойчивого использования биоразнообразия (фундаментальные и прикладные исследования по оценке состояния биоразнообразия, создание национального генетического фонда растений. Организация конференция, симпозиумов).

5. Развитие системы особо охраняемых территорий, мероприятия по сохранению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов (оптимизация системы управления природоохранными территориями, и создание сети новых охраняемых территорий).

6. Экологическое совершенствование научно-технической и технологической деятельности, оптимизации пользования природными ресурсами в различных социально-экономических секторах (градостроительство, транспорт, сельское хозяйство, лесное хозяйство, охота и рыбное хозяйство, промышленность и топливно-энергетический комплекс, туризм и рекреация).

7. Экологическое образование, воспитание и просветительская деятельность. Подготовка кадров (создание систем обеспечения населения информацией – плакаты, пособия учебники, создание системы подготовки и переподготовки кадров).

8. Источники и пути привлечения финансовых и технических ресурсов (привлечение внешней и внутренней финансовой поддержки для реализации экологических проектов вплоть до создания экологического фонда, экологического банка).

Литература:

Основная

1. Балашенко, С. А. Экологическое право : учебное пособие / С. А. Балашенко, Д. М. Демичев. – Минск: Ураджай, 1999. – 398 с.
2. Коробкин, В. И. Экология : учебник / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов на-Дону: Феникс, 2014. – 601 с.
3. Маврищев, В. В. Основы экологии : учебное пособие / В. В. Маврищев, В. Ф. Кулеш, Т. А. Бонина. – Минск: БГПУ, 2009. – 258 с.
4. Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М. Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с.
5. Степановских, А. С. Прикладная экология: охрана окружающей среды : учебник / А. С. Степановских. – М.: Изд-во «ЮНИТИ-ДАНА», 2009. – 751 с.
6. Чумаков, Л. С. Охрана природы: пособие / Л. С. Чумаков. – Минск: Экоперспектива, 2006. – 495 с.
7. Экологическое право : учебное пособие / С.А. Балашенко [и др.]; под ред. Т. И. Макаровой, В. Е. Лизгаро. – Минск: БГУ, 2008.

Дополнительная

1. Биология охраны природы / под ред. М. Сулея, Б. Уилкокса. – М.: Мир, 1983. – 430 с.
2. Вронский, В. А. Прикладная экология: учеб. пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 512 с.
3. Гражданский кодекс Республики Беларусь (7 декабря 1998 г., № 218-З с изм. и доп.).
4. Красная книга Республики Беларусь: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.). М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. – 2015. – 448 с.
5. Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях (21 апреля 2003 г., № 194-З с изм. и доп.).
6. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных /

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь; Национальная академия наук Беларуси, пред. редкол. И. М. Качановский. – 4-е изд. – Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя Пётруся Броўкі, 2015. – 317 с

7. Об особо охраняемых природных территориях: Закон Республики Беларусь, 20 октября 1994 г., № 3335-ХІІ в редакции закона Республики Беларусь, 23 мая 2000 г. №396-З (с изм. и доп.).

8. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ в редакции закона Республики Беларусь, 17 июля 2002 г. № 126-З (с изм. и доп.).

9. Общая и прикладная экология: учеб. пособие / Г. С. Розенберг [и др.]. – Самара-Тольятти: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2016. – 452 с.

10. Примак, Р. Основы сохранения биоразнообразия / Р. Примак. – М.: Изд-во Научн. и учебно-метод. Центра, 2002. – 256 с.

11. Реймерс, Н.Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

12. Трудовой Кодекс Республики Беларусь (26 июля 1999 г., № 296-№З с изм. и доп.).

13. Уголовный кодекс Республики Беларусь (9 июля 1999 г., № 273-З с изм. и доп.).

14. Ятусевіч, А. І. Слоўнік зоопаразіталагічных тэрмінаў / А. І. Ятусевіч, В. М. Капліч. – Мінск: Навука і тэхніка, 1993. – 292 с.

Практическая часть

Задание. После изучения лекционного материала и литературы ответьте на поставленные вопросы:

1. Назовите и сравните организационные формы особо охраняемых природных территорий нашей страны.

2. Назовите и приведите характерные особенности заповедников и национальных парков Беларуси.

3. Назовите и приведите характерные особенности заказников и памятников природы на территории Беларуси.

4. Приведите примеры и охарактеризуйте особо природные охраняемые территории, которые носят название «Рамсарские угодья».

5. В каких эталонных природных комплексах расположены известные особо охраняемые территории мира.

6. Охарактеризуйте ступени мониторинга окружающей среды, укажите его цель и задачи.

7. Красная книга Республики Беларусь, цель ее создания, история и структура.

8. Приведите характерные черты категорий Красной книги и виды растений и животных, занесенных в Красную книгу нашей страны.

9. Назовите виды юридической ответственности за нарушение экологического законодательства.

10. Перечислите составы правонарушений в области природопользования и охраны окружающей среды из Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях.

11. В каких главах Уголовного Кодекса Республики Беларусь определены составы преступлений в области природопользования и охраны окружающей среды.

12. Вред, причиненной окружающей среде, регулируется какими положениями Гражданского Кодекса Республики Беларусь.

13. Укажите основные направления охраны окружающей среды в XXI в., национальную стратегию и план действий по сохранению биоразнообразия Республики Беларусь.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абиогенез (гр. *a* – отрицательная частица + *bios* – жизнь + *genesis* – происхождение, развитие) – образование органических веществ вне живого организма; одна из гипотез возникновения жизни на Земле.

Абиотические факторы – факторы и явления неживой природы, оказывающие воздействия на живые организмы. Они делятся на *химические* (химический состав атмосферы, воды, почвы и т. д.) и *физические* или *климатические* (температура, ветер, влажность и т.д.) факторы.

Автотрофы (гр. *autos* – сам + *trophe* – пища) – живые организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических посредством фотосинтеза или хемосинтеза. К ним относятся зеленые растения, некоторые одноклеточные животные и бактерии. Способ питания А. называют *голофитным*.

Автохория (гр. *autos...* + *choreo* – продвижение, распространение) – пассивное (падение, сбрасывание) или активное разбрасывание семян и спор растениями (тыквенные, гераниевые, некоторые виды фиалок) или грибами.

Автохтоны (гр. *autos...* + *chthón* – земля) – организмы, возникшие в процессе эволюции в той же местности, где они обитают в настоящее время.

Агроценоз (гр. *agros* – поле + *koinos* – общий) – сообщество микроорганизмов, грибов и растений, созданное для получения с.-х. продукции и поддерживаемое человеком (нередко это растительная монокультура). В А. входят также представители дикой флоры и фауны (без них он не функционирует).

Адаптация (позднелат. *adaptation* – приспособление, прилаживание, от лат. *adapto* – прилаживаю) – выработанный в процессе эволюции комплекс структурных, функциональных, поведенческих и других особенностей, обеспечивающих приспособление целого организма к условиям окружающей среды. А. *биологическая* связана с приспособленностью способов размножения и развития. А. *морфологическая* затрагивает внешнее и внутреннее строение особей популяции. А. *фотопериодическая* – приспособленность к длине световой волны.

Адвентивные организмы – представители растительного или животного мира, случайно или специально завезенные человеком в новую для них климатическую зону.

Аквакультура (лат. *aqua* – вода + культура) – искусственное размножение и выращивание в водоеме рыб, моллюсков, ракообразных и одноклеточных простейших с целью получения полезной биологической продукции.

Акклиматизация (лат. *ac(ad)* – к, для + гр. *klima* – климат) – адаптация; приспособление живых организмов к новым условиям обитания; часто проводится человеком при переселении новых видов с целью обогащения сложившихся сообществ.

Аккумуляция (лат. *accumulation* – накопление) – накопление живыми организмами различных химических веществ из окружающей их среды. Например, соли тяжелых металлов, ртуть, нитраты и т.д.

Аллогенез (гр. *allos* – иной, другой + *genesis* – происхождение, развитие) – одно из направлений эволюции, которое приводит к увеличению видового многообразия без повышения уровня общей организации за счет смены приспособлений к изменяющимся условиям среды (*идиоадаптации*).

Алломорфоз (гр. *allos...+ morphosis* – форма) – то же, что идиоадаптация.

Аллопатрические виды (популяции) – географически исключают друг друга виды (популяции), но занимающие обычно соседние области.

Аллохория (гр. *allos...+ choreo* – продвигать) – распространение растений (их семян, спор) различными факторами (агентами) окружающей среды: ветром (*анемохория*), водой (*гидрохория*), животными (*зоохория*) и т.д.

Аллохтоны (гр. *allos...+ chthon* – земля) – организмы, появившиеся в данной флоре или фауне в результате расселения или переселения.

Аменсализм (гр. *a...+ лат. mensa* – трапеза, стол) – одна из форм биотических отношений, когда для одного из видов последствия совместного обитания отрицательны, а для другого – безразличны (угнетение светолюбивых растений, растущих в еловом лесу).

Амплитуда вида экологическая (лат. *amplitude* – величина) – пределы (границы) адаптивных возможностей представителей вида к изменяющимся условиям окружающей среды.

Анабиоз (гр. *ana* – вновь + *bios* – жизнь) – исторически выработанное приспособление к переживанию неблагоприятных условий среды (низкая температура, отсутствие влаги и т. д.), выражающееся в замедлении всех процессов до "исчезновения" признаков жизни (семена растений, споры микроорганизмов, холоднокровные животные при замерзании водоемов). Возвращение к жизни возможно, если не была нарушена структура макромолекул и клеток.

Анаболизм – см. **Ассимиляция**.

Анаэробноз (гр. *an* – отрицание + *aer* – воздух + *bios* – жизнь) – жизнь без доступа свободного кислорода.

Анаэробные организмы, анаэробы (гр. *an...* + *aer* – воздух + *bios* – жизнь) – организмы, способные к жизни в бескислородной среде (микроорганизмы, одноклеточные, простейшие). Энергию для своей жизнедеятельности они получают при расщеплении органических и неорганических веществ.

Анемофилия (гр. *anemos* – ветер + *phyleo* – люблю) – приспособленность цветков покрытосеменных растений к опылению ветром.

Анемохория (гр. *anemos...* + *choreo* – распространение) – расселение с помощью воздушных потоков спор микроорганизмов, семян и плодов растений, цист простейших одноклеточных, мелких членистоногих.

Аноксобиоз (гр. *ana* – вновь + *oxys* – кислород + *bios* – жизнь) – жизнь некоторых организмов в условиях длительного кислородного голодания. Окислительные процессы при А. осуществляются за счет кислорода, получаемого при расщеплении гликогена и жиров.

Антагонизм (гр. *anatagonisma* – спор, борьба) – форма взаимоотношений организмов разных видов (микроорганизмы, хищник–жертва, паразит–хозяин), при которой один тормозит (подавляет) развитие другого или убивает его.

Антибиоз (гр. *anti* – против + *bios* – жизнь) – антагонистические взаимоотношения организмов разных видов, при которых

продукты жизнедеятельности одного угнетают жизнедеятельность другого.

Антропогенные факторы (гр. *anthropos* – человек) – факторы, обязанные своим происхождением деятельностью человека.

Ареал (лат. *arealis* – площадь, пространство) – область распространения растений и животных различных систематических категорий.

Ассимиляция (лат. *assimilation* – уподобление) – одна из сторон обмена веществ; усвоение и превращение организмом поступающих извне веществ в сложные органические вещества самого организма при наличии энергии и специфических ферментов. Синоним термина – *анаболизм*.

Ассоциация – совокупность однородных фитоценозов одинаковой структуры видового состава и сходных отношений как между организмами, так и с окружающей средой.

Аутэкология, аутэкология (гр. *autos* – сам + *oikos* – дом + *logos* – наука) – экология отдельных особей; раздел экологии, изучающий взаимоотношения особей популяции между собой и с окружающей их средой.

Аэробные организмы, аэробы (гр. *aer* – воздух + *bios* – жизнь) – организмы, для жизни и развития которых необходимо наличие в окружающей среде кислорода. К А.о. принадлежит подавляющее большинство известных видов живых существ.

Аэропланктон – совокупность живых организмов, пассивно переносимых воздушными потоками.

Аэрофиты (гр. *aer...* + *phyton* – растение) – "воздушные" растения, получающие все необходимые питательные вещества из воздуха (напр., эпифиты, мхи, некоторые водоросли и лишайники, поселяющиеся на стволах, ветвях и коре деревьев).

Б

Бентос (гр. *benthos* – глубина) – все "население" дна водоемов, обитающие на или в грунте: *фитобентос* (водоросли) и *зообентос* (напр., многощетинковые черви, моллюски, иглокожие и т. д.).

Бентофаги (гр. *benthos* – глубина + *phagos* – пожирающий) – животные, которые питаются живущими на дне водоема организмами.

Биогенез (гр. *bios* – жизнь + *genesis* – происхождение) – учение, утверждающее происхождение живого только от живого; Б. в узком смысле – образование органических соединений живыми организмами.

Биогенное вещество – вещество, которое создается и перерабатывается живыми организмами (напр., нефть, каменный уголь и т.д.).

Биогенные круговороты, биогеохимические циклы – циркуляция элементов в биосфере через тела живых организмов и возврат их во внешнюю среду.

Биогеохимические циклы – см. Биогенные круговороты.

Биогеоценоз (гр. *bios...* + *geo* – земля + *koinos* – общий) – биологическая система, представленная однородным участком земной поверхности с исторически сложившимися сообществами микроорганизмов, растений и животных, которые находятся в постоянном взаимодействии с компонентами окружающей среды. Термин "Б." предложен В. Н. Сукачевым (1940).

Биогеоценология (гр. *bios...* + *geo* – земля + *koinos* – общий + *logos* – наука) – раздел биологии, изучающий биогеоценозы и их совокупность – биогеоценотический покров Земли.

Биоиндикатор (гр. *bios...* + лат. *indicator* – указатель) – группа особей, сообщество или вид, по наличию, состоянию или поведению которых судят об изменениях (естественных или антропогенных) в окружающей среде, а также о присутствии и концентрации различных загрязнителей. Б. помогают предсказывать стихийные бедствия (напр., землетрясения).

Биоиндикация – определение биологически значимых антропогенных воздействий (например, загрязнение среды) по ответной реакции на них живых организмов и их сообществ.

Биокосное вещество – вещество (почва, природные воды и т.д.), создаваемое одновременно живыми организмами и косными процессами. Ведущую роль играют живые организмы.

Биологическая продуктивность – воспроизведение биомассы микроорганизмов, растений и животных природных сообществ за определенный промежуток времени. Б.п. выражается величиной продукции (биомассы), создаваемой за единицу времени (например, за год) на единице площади или объема.

Биологические ресурсы – все живые организмы Земли, их популяции и сообщества, которые определяют биологическую основу жизнедеятельности людей и обеспечивают их полноценное существование.

Биологические ритмы – периодически повторяющиеся колебания биологических явлений и физиологических функций в зависимости от цикличности природных явлений.

Биологические циклы – ритмичное повторение биологических явлений в сообществах живых существ (популяции, биоценозы) как приспособление к циклическим изменениям условий их существования. Бывают Б.ц. суточные, сезонные и т. д.

Биологические часы – способность живых организмов ориентироваться во времени (определять время), выработанная в процессе эволюции адаптация к цикличности явлений в окружающей среде (смена дня, ночи, сезонов года и т. д.).

Биом (гр. *bios...* + лат. *oma* – окончание, обозначающее совокупность) – совокупность различных групп организмов (растений, животных) и среды их обитания в определенной ландшафтно-климатической зоне.

Биомасса (гр. *bios...* + *massa* – кусок, количество) – общая сухая масса органического вещества всей совокупности особей на единицу площади или объема. Б. животных – *зоомасса*, Б. растений – *фитомасса*. Б. биосферы – живое вещество планеты, совокупность тел живых организмов.

Биоморфа – жизненная форма организма, совокупность его внешних признаков, являющихся результатом приспособления к среде обитания.

Биосфера (гр. *bios...* + *sphaira* – шар) – оболочка Земли, населенная живыми организмами; охватывает часть литосферы (особенно, кору выветривания), всю гидросферу и нижнюю часть атмосферы (до озонового слоя: 20–25 км). Термин "Б." введен в биологию австрийским геологом Э. Зюссом (1875); учение о биосфере изложено русским ученым В. И. Вернадским в книге "Биосфера" (1926).

Биота (гр. *biote* – жизнь) – флора и фауна данной области распространения.

Биотехнология (гр. *bios...* + *techne* – мастерство + *logos* – наука) – использование живых организмов и биологических про-

цессов в производстве (напр., очистка сточных вод, получение кормовых добавок, синтетических вакцин и т. д.).

Биотический потенциал – показатель, характеризующий вид; отражает теоретический максимум потомков от одной пары (или одной особи) за единицу времени (напр., за год). Понятие Б.п. введено в экологию Р. Чепменом (1928).

Биотоп (гр. *bios...* + *topos* – место) – однородный в географическом отношении участок территории или акватории, заселенный живыми организмами. Б. объединяют в *биофоры* (см).

Биотрофы, биофаги – организмы, питающиеся другими живыми организмами (фитофаги, зоофаги, включая паразитов). Относятся к гетеротрофным организмам.

Биоценоз (гр. *bios...* + *koinos* – общий) – биологическая система, представленная исторически сложившимся сообществом организмов, населяющих определенный биотоп. Термин "Б." предложил Ю. Мёбиус (1877), изучавший донных животных на "устричных банках". Разновидности Б.: *микробиоценоз, микоценоз, фитоценоз, зооценоз*.

Биоценология (гр. *bios...* + *koinos* – общий + *logos* – наука) – раздел экологии, изучающий биоценозы – различные сообщества растений и животных.

Бэтсоновская мимикрия – подражание съедобного вида неродственному ему виду, который несъедобен или ядовит для хищника.

В

Валовая первичная продукция – общая масса растений на единицу площади или объема местообитания, образовавшаяся за определенное время в процессе фотосинтеза.

Вегетационный период – период активной жизнедеятельности растений; время года, когда возможны рост и развитие растений в данной климатической зоне. Продолжительность В.п. определяется географическими условиями.

Вид биологический – основная единица классификации живых организмов; совокупность особей, занимающих определенную территорию (ареал), сходных по строению, поведению, имеющих общее происхождение, скрещивающихся между собой и

дающих плодовитое потомство. Каждый вид обозначается двумя названиями – рода и вида (бинарная номенклатура К. Линнея) – горошек мышиный, ландыш майский, аскарида человека и т.д.

Видовое разнообразие – количество видов растений и животных в определенном ценозе.

Виды аллопатрические (гр. *allos* – другой + *patris* – родина) – занимают неперекрещивающиеся ареалы, сходные по физико-географическим условиям.

Виды викарирующие (лат. *vicarious* – замещающий) – имеют сходные морфофизиологические признаки, но различное систематическое положение. Общий адаптивный тип их строения определяется обитанием в сходных экологических условиях.

Виды симпатрические (гр. *sym* – вместе + *patris* – родина) – занимают ареалы, совпадающие частично или полностью.

Виды-двойники – сходны или идентичны морфологически, но репродуктивно изолированы.

Вид реликтовый – сохранившиеся в какой-либо местности отдельные особи вида, существовавшего в прошлые геологические эпохи. В.р. сохраняется в местах, сходных по условиям с теми, где он встречался ранее.

Внутривидовые отношения – взаимоотношения между особями одного вида, сложившиеся в ходе исторического развития.

Возрастная структура популяции – соотношение особей разного пола; стабильное распределение особей по возрастам.

Всемирный фонд дикой природы (WWF-World Wild – life Fond) – международная общественная организация, которая субсидирует действия по охране исчезающих видов диких животных и их местообитаний. Штаб-квартира WWF находится в Швейцарии.

Вторичная продукция – продукция гетеротрофных организмов (консументов); продукция организмов второго и последующих трофических уровней (животные микроорганизмы – гетеротрофы, растения – сапрофиты).

Выживаемость – в широком смысле В. – степень сохранения популяции или вида в историческом аспекте; в узком смысле – это средняя вероятность сохранения в популяции особей каждого поколения за определенный промежуток времени. В. измеряют от-

ношением числа взрослых особей, участвующих в размножении, к числу родившихся в каждом поколении.

Г

Галобионты (гр. *hals* – соль + *bion* – живущий) – организмы, способные к обитанию в сильно соленых водоемах.

Галофилы (гр. *hals...* + *phileo* – люблю) – организмы, обитающие только в условиях высокой солености (радиолярии, кораллы, иглокожие, головоногие).

Галофиты (гр. *hals...* + *phyton* – растение) – растения, приспособленные к почвам с высоким содержанием легко растворимых солей (берега морей, солончаки).

Галлофобы (гр. *hals...* + *phobos* – страх) – водные организмы, не переносящие высокой солености, обитающие только в пресноводных водах (соленость до 0,5%) или в слабо соленых (до 5 %). Пример: многие простейшие и водоросли, гидра, большинство пиявок и др.

Гелиобионты (гр. *hèlios...* + *bion* – живущий) – организмы, для нормальной жизнедеятельности которых необходим солнечный свет.

Гелиофиты (гр. *hèlios...* + *phyton* – растение) – светолюбивые растения, обитатели открытых солнечных мест.

Гелиофиты факультативные (теневыносливые растения) – растут при хорошем освещении и легко переносят небольшое затемнение.

Гелофилы (гр. *helos* – болото + *phileo* – люблю) – животные заболоченных мест.

Гелофиты (гр. *helos...* + *phyton* – растение) – растения заболоченных мест.

Генерация (лат. *generation* – рождение) – поколение; период жизни организма от начала его развития до половозрелого состояния.

Генофонд (гр. *genos* – род + *fundus* – основание) – совокупность наследственных факторов (особей, популяции, вида, планеты).

Геобионты (гр. *ge* – Земля + *bion* – живущий) – организмы, постоянно обитающие в почве (дождевые черви).

Геоботаника (гр. *ge...+ botanē* – трава) – раздел ботаники, изучающий, растительный покров Земли и структуру растительных сообществ.

Геофилы (гр. *ge...+ phileo* – люблю) – животные, часть жизненного цикла которых связана с почвой (многие насекомые, их личинки и куколки проходят развитие в почве).

Геофиты (гр. *ge... + phyton* – растение) – многолетние травянистые растения, почки возобновления которых находятся в почве (лилейные, корневищные злаки и т.д.).

Гетеротермные организмы (гр. *heteros* – другой + *therme* – тепло) – теплокровные животные с постоянной температурой тела в активном состоянии, которая у них значительно снижается во время спячки (медведи, ежи, тушканчики).

Гетеротрофы (гр. *heteros...+ trophe* – питание) – организмы, использующие для своей жизнедеятельности готовые органические вещества (беспозвоночные, большинство микроорганизмов, позвоночные животные).

Гигробионты (гр. *hygros* – влажный + *bion* – живой) – организмы, приспособленные к местам с высокой влажностью.

Гигрофилы (гр. *hygros... + phileo* – люблю) – влаголюбивые организмы, обитают на заболоченных территориях, в поймах рек, по берегам водоемов и в почве (дождевые черви, многие насекомые); у них плохо развиты или отсутствуют механизмы регуляции водного обмена.

Гигрофиты (гр. *hýdōr ...+ phyton* – растение) – растения, обитающие в условиях избыточной влажности почвы и воздуха (тропические растения, травянистые растения лесов).

Гидатофиты (гр. *hýdōr...+ phyton* – растение) – водные растения, целиком или большей своей частью, погруженные в воду (напр., ряска, кувшинка, элодея), иногда плавающие на поверхности воды (см. **гидрофиты**).

Гидробионты (гр. *hýdōr...+ bion* – живущий) – микроорганизмы, растения и животные, населяющие морские и материковые водоемы.

Гидросефра (гр. *hýdōr... + sphaira* – шар) – водная оболочка Земли, включающая все водоемы планеты.

Гидрофилы (гр. *hýdōr...+ phileo* – люблю) – животные, личиночные стадии которых обитают в воде (например, стрекозы).

Гидрофиты (гр. *hýdōr...* + *phyton* – растение) – водные растения, прикреплены к грунту и погружены в воду нижней своей частью (аир, камыш, тростник); могут обитать вдали водоема на сильно увлажненных почвах.

Гидрохория – распространение (расселение) организмов с помощью воды (растения морских побережий, прибрежные и водные растения пресных водоемов).

Голозойный тип питания (гр. *holos...* + *zoon* – животное) – питание посредством захвата твердых пищевых частиц (амеба); характерен преимущественно для животных.

Голофитный тип питания (гр. *holos...* + *phyton* – растение) – питание посредством транспорта растворенных органических веществ, полученных в процессе фотосинтеза; характерен преимущественно для растений.

Гомеостаз (гр. *homoiōs* – одинаковый + *stasis* – состояние) – способность биологических систем (клетка, организм, популяция и т.д.) поддерживать относительное постоянство состава внутренней среды и основных функций.

Гомеостаз экосистемы, или экологический гомеостаз – поддержание устойчивости экосистем, их видового состава, численности особей и продуктивности.

Давление жизни (по В. И. Вернадскому "давление живого вещества") – соотношение между способностью организмов к размножению в Геометрической прогрессии и свойствами среды, препятствующими реализации этой способности.

Деградация среды – ухудшение состояния природной (и социальной) среды.

Демографическая структура популяции – характеризуется показателями рождаемости и смертности (разница между ними составляет прирост населения), возрастными группами, родом занятий, экономических положением общества, экологическим состоянием среды.

Демография (гр. *demos* – народ, население) – раздел биологической науки, изучающий данные о составе популяции, ее численности, плотности, возрастном и половом составе.

Демэкология (гр. *demos* – народ, население) – раздел экологии, изучающий формирование человеческих популяций, внутрипопуляционных группировок и их взаимоотношения.

Дендробионты (гр. *dendron* – дерево + *bion* – живущий) – организмы, обитающие в древесном ярусе растительности.

Деструкция (лат. *destruction* – разрушение) – разрушение (разложение) органических веществ с передачей веществ и энергии последующим звеньям пищевых цепей.

Детрит (лат. *detritus* – истертый) – полуразложившиеся или разложившиеся остатки растений или животных в толще вода или на дне водоема вместе с обитающими в них микроорганизмами.

Детритофаги – организмы, питающиеся разлагающимися остатками растений или животных с содержащимися в них бактериями и др. микроорганизмами.

Дианауза (гр. *diapausis* – перерыв) – период временного физиологического покоя в жизненном цикле животных, который характеризуется резким снижением метаболизма и остановкой формообразовательных процессов. Д. встречается у представителей многих классов животных, но наиболее выражена у насекомых и млекопитающих. В зависимости от условий окружающей среды (длина светового дня, температура, влажность, количество пищи) Д. может быть зимней или летней. Длительность Д. – от нескольких часов (месяцев) до нескольких лет. Начало, окончание, и длительность Д. регулируется гормонами.

Динамика биоценоза суточная – вызывается сменой дня и ночи (у растений меняется интенсивность фотосинтеза и дыхания, раскрывание и закрывание цветков; у животных – изменения суточной активности).

Динамика биоценоза сезонная – зависит от фенологического состава фитоценоза, видового состава и численности, обитающих в нем животных. Д.с. животных связана с их размножением, жизненной активностью и миграциями.

Доминанты – виды, преобладающие в биоценозе; они определяют характер биоценоза, внутреннюю среду сообщества (ковыль в степной зоне и т. д.).

Доминирование (лат. *dominas, dominantis*) – 1) господствующее положение наиболее сильной особи в группе (стае, стаде); 2) способность вида растения занимать в сообществе главенствующее положение и оказывать наибольшее влияние на структуру биоценоза.

"Дыра" озоновая – разрушение озонового экрана, вызываемое космическими аппаратами, высотной авиацией, испытаниями атомного оружия в атмосфере, а также промышленным и бытовым загрязнением атмосферного воздуха.

Е

Емкость среды – предельная плотность, которой может достигать популяция в данных условиях. Е.с. зависит от наличия ресурсов данного вида (больше пищи – выше плотность популяции). Если плотность становится больше Е.с., возрастает смертность или снижается рождаемость в популяции.

Естественный отбор – процесс, протекающий в природе, в результате которого выживают и оставляют потомство особи с полезными в данных условиях наследственными изменениями. Е.о. – главная движущая сила процесса эволюции.

Ж

Животные гомойотермные (гр. *homolos* – подобный + *therme* – тепло) – имеют постоянную температуру тела, которая не зависит от температуры окружающей среды (теплокровные животные).

Животные пойкилотермные (гр. *poikilos* – различный, переменный + *therme* – тепло) – животные, температура тела которых мало отличается от температуры окружающей среды и изменяется вместе с ней (холоднокровные животные).

Животные стенотермные – переносят незначительные колебания температуры окружающей среды.

Жизненная форма – форма растения (*биоморфа*), возникшая в результате длительного приспособления к условиям окружающей среды и выраженная в его внешнем виде (например, сосна на песчаной почве и на болотистой). Один и тот же вид растения в разных условиях может иметь разные Ж.ф. Состав Ж.ф. в растительных сообществах отражает особенности климата и экологических условий.

Жизненный цикл (или цикл развития) – совокупность фаз развития организма, начиная от зиготы и заканчивая половозрелой

формой. У животных Ж.ц. может быть *простым* (при прямом развитии) или *сложным* (при развитии с метаморфозом или чередованием поколений).

Жордана правило – экологический принцип, указывающий на то, что зоны распространения (ареалы) тесно связанных видов или подвидов находятся рядом.

3

Заказник – разновидность формы охраны природы; природная территория (акватория), на которой запрещены определенные виды хозяйственной деятельности и охота на животных определенных видов с целью сохранения их поголовья; в З. охраняются определенные виды растений, геологические объекты и элементы ландшафта (в Республике Беларусь – Голубые озера, Налибокская пуца и др.).

Закон (правило) Алена – выступающие части тела (конечности, хвост, ушные раковины и др.) теплокровных (гомойотермных) животных в районах холодного климата меньше, чем у представителей этого же вида в теплом климате. З.А. является частным случаем правила Бергмана и вытекает из принципа теплоотдачи при сокращении отношения поверхности тела к его объему.

Закон биогенетический (Мюллера-Геккеля) – онтогенез есть краткое повторение филогенеза; развитие зародыша есть сжатое и сокращенное повторение развития вида.

Закон Гаузе – несовместимость конкурирующих видов; если два вида с одинаковыми экологическими потребностями оказываются в одном сообществе, один конкурент вытесняет другого; победителем оказывается тот вид, который имеет хотя бы небольшие преимущества перед другим видом.

Закон Долло – закон необратимости эволюции (1893): организм никогда не возвращается к прежнему состоянию даже тогда, когда оказывается в условиях, сходных с теми, через которые он прошел.

Закон Либиха, правило минимума – принцип, определяющий роль экологических факторов в распространении и развитии организмов. Имеется ввиду лимитирующее действие жизненно важных веществ, находящихся в почве в небольших и непостоян-

ных количествах. З.Л. является частным случаем принципа лимитирующих факторов (см. Правило Шелфорда).

Закон оптимума – каждый фактор имеет определенные пределы положительного влияния на организм. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей.

Заповедник – научно-исследовательское учреждение на охраняемой законом территории (акватории), исключенной из всех видов хозяйственной деятельности. Основные задачи З.: сохранение природных участков, типичных для данной географической зоны; охрана и восстановление видов животных и растений, ценных в научном или хозяйственном отношении; разработка вопросов реконструкции флоры и фауны.

Защита окружающей среды – комплекс законодательных актов и мероприятий по охране всех сред обитания от загрязнений различными веществами, экосистем – от разрушений, флоры и фауны – от уничтожения.

Зона оптимума (экологического фактора) – благоприятная сила воздействия фактора на жизнедеятельность особей.

Зона экологического риска – участки поверхности суши и акваторий океана, на которых деятельность человека может создать опасные экологические ситуации (напр., зоны вокруг АЭС, места добычи нефти со дна океана и т. д.).

Зональность – разделение земной поверхности по биогеографическим, климатическим и другим экологическим факторам.

Зообентос (гр. *zôon* – животное + *benthos* – глубина) – совокупность донных организмов, обитающих на грунте и в грунте различных водоемов.

Зоопланктон (гр. *zôon*...+ *planktos* – блуждающий) – совокупность мелких животных, населяющих толщу воды и пассивно переносимых течением.

Зоофаги (гр. *zôo*...+ *phagein* – есть) – организмы (растения или животные), нуждающиеся в животной пище. Сюда относят и **каннибализм** (см.) – питание особями своего вида.

Зоофилия (гр. *zôon*...+ *phileo* – люблю) – опыление растений животными.

Зоохория (гречю *zôon* – животное + *choreo* – передвижение) – распространение плодов, семян и спор растений животными: эк-

тозоохория – на покровах тела, с помощью крючков и щетинок; *эндозоохория* – с экскрементами после прохождения через пищеварительный тракт; *синзоохория* – через запасы корма животными и птицами.

Зооценоз (гр. *zōon...* + *koinos* – общий) – совокупность животных, населяющих определенный биотоп (часть биоценоза).

И

Иерархия (гр. *hierarchia*) – система поведенческих связей между животными в группе, регулирующая их взаимоотношения: доступ к пище, убежищу, особям противоположного пола. И. – один из регуляторов жизни группы.

Иерархия экосистем – функциональное соподчинение экосистем различного уровня организации.

Изоляция (франц. *isolation* – обособленные, разобщение) – любые барьеры, ограничивающие *панмиксию* (свободный выбор партнера для брака или скрещивания) следствием чего является ограничение или полное отсутствие обмена генами между особями популяции или вида. И. – один из важнейших факторов видообразования (разобщение особей или популяций одного вида). Виды И.: *географическая, генетическая, морфологическая, экономическая, экологическая, этнологическая.*

Изоляция популяций – различные преграды к свободному скрещиванию.

Иммигранты – животные, переселившиеся в данную область из других областей.

Иммиграция (лат. *immigrare* – вселяться) – переселение особей (животных) с их родины в другую страну.

Индекс видовой разнообразия – служит для оценки количественного соотношения видов в биоценозе; определяется по формуле Шеннона:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i,$$

где \sum – знак суммы, p_i – доля каждого вида в сообществе (по численности или массе) а $\log_2 p_i$ – двоичный логарифм p_i .

Индивид, индивидуум (лат. *individuum* – неделимое) – отдельный организм, особь.

Индивидуальный участок, ареал – площадь, на которой происходит жизнедеятельность отдельных особей.

Индикаторы (лат. *indicator* – указатель) – вещества, содержание которых указывает на характер изменений анализируемой среды. И. могут быть растения или определенные виды животных (чаще беспозвоночных).

Инстинкт (лат. *instinctus* – побуждение) – сложная система врожденных, наследственно обусловленных поведенческих реакций, выработанная в процессе эволюции как форма приспособления к условиям среды, необходимая для сохранения вида.

Интродукция (лат. *introducio* – введение) – введение в фауну или флору данной местности новых, не обитавших там ранее видов.

Правило конкурентного взаимоисключения – принцип, согласно которому никакие два вида не могут сосуществовать в одной местности, если идентичны их экологические потребности.

К

Кадастр – систематизированный свод данных, включающий качественную и количественную опись объектов или явлений с эколого–социально–экономической оценкой. Содержит физико–географическую и биологическую характеристики, классификацию, данные о динамике, степени изученности с приложением картографических и статистических материалов. Существуют К. водный, земельный, флористический и т.д.

Квартирантство – одна из форм симбиоза, совместное проживание особей разных видов, без вреда или пользы друг для друга.

Кислотные дожди – взаимодействие в атмосфере паров вода с газообразными выбросами промышленных предприятий (сернистый ангидрид, оксида азота) и выпадение в виде слабых кислот. В первую очередь от них страдают леса и закрытые водоемы.

Климакс экологический (гр. *klimax* – высшая точка) – относительно устойчивое состояние; поддержание равновесия, как между организмами, так и между организмами и окружающей средой.

Климат местности – многолетний режим погоды, который определяется географическими условиями района – средние значения метеорологических явлений, их годовой и суточный ход, отклонение от него, их повторяемость. На К. влияют: географическая широта, высота над уровнем моря, горы, морские течения, общая циркуляция атмосферы, местные ветры и циклоны. К. в целом главный фактор, определяющий типы растительности. Растительность в свою очередь оказывает влияние на местный климат.

Коадаптация (лат. *coadaptatio* – взаимоприспособление) – взаимное приспособление особей в процессе коэволюции или различных органов в организме.

Колония (лат. *colonia* – поселение) – совместное обитание группы оседлых животных или в одном убежище (пчелы, термиты, муравьи) или в расположенных на одной территории гнездах (птичьи "базары"). К. может возникать в периоды размножения животных или существовать длительное время. К. облегчает защиту от хищников, добывание пищи, выращивание потомства.

Комменсализм (лат. *com* – вместе + *mensa* – трапеза) – сотрапезничество, одна из форм симбиоза. Основой К. может быть общее жилье, способ передвижения, пища. Польза односторонняя (рыба Карпус в полости тела некоторых голотурий).

Конкуренция (лат. *concurere* – бежать вместе) – одна из форм биотических связей, при которой возникают антагонистические взаимоотношения организмов одного или разных видов, нуждающихся в сходных условиях окружающей среды (одна территория обитания, освещенность, одни источники пищи). Наиболее остро протекает внутривидовая конкуренция.

Консорция (лат. *consortium* – сообщество, участие) – структурно-функциональная единица биоценоза, которая объединяет авто- и гетеротрофов на основе топических (пространственных) и трофических связей (любое дерево со всеми его обитателями – эпифитами, паразитами, опылителями, симбионтами и т.д.).

Консументы (лат. *consume* – потреблять) – второе звено в любой трофической цепи; совокупность гетеротрофных организмов, питающихся растениями (консументы первого порядка) или другими животными (консументы второго порядка).

Континуум (лат. *continuum* – непрерывное) – постепенные переход и смена одного фитоценоза другим при условии их соседства.

Копрофилы (гр. *kopros* – «навоз», «кал» + *phileo* – люблю) – группа грибов различных видов, развивающихся на навозных кучах, помете животных и сильно унавоженных почвах.

Космополиты, в биологии (гр. *kosmopolites* – гражданин мира) – организмы с очень широкой областью распространения, охватывающей значительную часть земного шара; редко виды, чаще роды (собачьи) или семейства (соколиные). Синоним понятия К. – *панэндемики*.

Косное вещество – совокупность вещества биосферы в образовании, которого не участвуют живые организмы.

Коэффициент рождаемости, или **коэффициент размножения** – относительная скорость роста популяции (в процентах) при отсутствии смертности; определяется числом потомков, родившихся в единицу времени на 100 особей обоего пола.

Коэффициент роста популяции – показатель увеличения численности или биомассы популяции организмов за единицу времени.

Коэффициент смертности – число особей, погибших за единицу времени в результате естественных факторов смертности, на 100 особей данного вида.

Краевой эффект – повышенное видовое разнообразие и обилие организмов на стыке двух биогеоценозов и в прилежащих к ним зонах.

Красная Книга – издание, в котором содержатся списки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных и краткие данные о них (биология, численность, распространение). Первое издание К.К. (1966 г.) было осуществлено Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП), организованном при поддержке ЮНЕСКО. Аналоги международной К.К. издаются в разных странах и республиках.

Кризис экологический – это ситуация, возникающая в природных экосистемах в результате нарушения равновесия под воздействием антропогенных факторов (зарегулирование рек, вырубка лесов, загрязнение атмосферы, гидросферы, почв и т. п.).

Криобиология (гр. *kryos* – холод + *bios* – жизнь + *logos* – наука) – раздел биологии, изучающий действие низких температур (от 0 °С до близких к абсолютному нулю) на процессы, протекающие в живых организмах.

Криофилы (гр. *kryos*...+ *phileo* – люблю) – организмы, сохраняющие жизнеспособность в условиях низких температур – в полярных водах, горных реках, в полярных широтах и высокогорьях.

Криофиты (гр. *kryos*...+ *phyton* – растение) – растения, приспособленные к холодным и сухим условиям обитания (тундра, альпийские луга, высокогорья, скалы).

Криптофиты (гр. *kryptos* – скрытый + *phyton* – растение) – многолетние травянистые растения, зимующие в виде корневищ, луковиц и других подземных органов.

Круговорот веществ биосферный (в природе) – происходящие при участии энергии Солнца постоянные и взаимосвязанные процессы (физические, химические, биологические) превращения и перемещения веществ в окружающей среде с обязательным участием живых организмов, в т. ч. и человека.

Круговорот веществ биологический – происходит внутри экосистем; его суть: протекание двух противоположных и взаимосвязанных процессов – синтез органических веществ и их разрушение.

Ксерофилы (гр. *xeros* – сухой + *phileo* – люблю) – сухолюбивые животные, долгое время могут находиться без воды (многие насекомые, пресмыкающиеся, верблюды, тушканчики). Имеют приспособления для удержания влаги в организме и хорошо развитые механизмы регуляции водного обмена (отсутствие кожных желез, запасание воды в мочевом пузыре, накопление жиров, при окислении которых образуется вода).

Ксерофиты (гр. *xeros*...+ *phyton* – растение) – растения засушливых мест (степи, пустыни, полупустыни); способны переносить высокие температуры и обезвоживание (полынь, верблюжья колючка, суккуленты).

Ксилофаги (гр. *xylon* – срубленное дерево + *phagos* – пожирать) – организмы, питающиеся древесиной.

Л

Ландшафтный заказник – особо ценные природные ландшафты и комплексы, подлежащие охране и восстановлению. На их территории запрещены выпас скота, вырубка деревьев, строительные и мелиоративные работы. Охота на зверей и птиц, отлов рыбы производятся с разрешения специальных организаций.

Либиха закон – См. **Закон Либиха**.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор – фактор, наиболее сильно влияющий на состояние особей популяции и ограничивающий ее численность и распространение.

Лимнофилы – организмы, обитающие преимущественно в стоячих водоемах.

Литоральные организмы – организмы, обитающие в приливо-отливной части прибрежной зоны.

Лотическое сообщество – сообщество организмов, населяющих текущие воды (реки).

М

МАБ (англ. Man and Biosphere – Человек и биосфера) – долгосрочная международная программа научных исследований, ее цель – изучение структуры и функционирования биосферы, систематическое наблюдение за ее изменениями в результате антропогенного воздействия, прогнозирование этих изменений. Программа принята в 1970 г., выполняется под эгидой ЮНЕСКО, в ней участвуют свыше 80 стран мира.

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии; осуществляет радиологический контроль.

Макрофауна (гр. *macros* – длинный, большой + лат. *fauna* – богиня лесов и полей, покровительница стад животных) – животные, имеющие размеры тела более 10 мм.

Маршрутный пост – фиксированный участок местности, где регулярно проводится отбор проб воздуха для оценки состояния воздушной среды. М.п. обычно располагается в неблагоприятных экологических районах – около крупных производственных предприятий, транспортных узлов, магистралей.

Мегабиосфера – многослойная оболочка Земли, образованная благодаря деятельностью живого вещества; кроме биосферы включает другие структуры Земли, связанные с биосферой, но в насто-

ящее время лишены жизни (*аобиосферы, парабиосферу, метабиосферу*).

Межвидовые отношения – взаимоотношения между организмами разных видов в борьбе за существование и выживание.

Международная биологическая программа (МБП) – неправительственная научно–исследовательская программа глобального изучения главным образом биологической продуктивности естественных и созданных человеком растительных и животных сообществ. Проводилась с 1964 по 1974 гг. с участием ученых 58 стран и ряда международных научных организаций. Основная цель МБП – выявление и изучение воздействий человека на естественные процессы и компоненты биосферы и их влияние на человека.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) – неправительственная международная организация, созданная при ЮНЕСКО в 1948 г.; включает государственные учреждения и научные организации 116 стран. Основная цель – сохранение природных богатств и их рациональное использование. Задачи МСОП: пропаганда природоохранных знаний, подготовка специалистов по охране природы, формирование экологического мышления у подрастающего поколения. Высший орган МСОП – Генеральная ассамблея; собирается каждые три года. По ее инициативе созданы и обновляются Красные книги.

Мезотрофы – растения, обитающие на почвах с умеренным содержанием питательных веществ, прежде всего минеральных солей (зеленые мхи, черника, брусника, некоторые травянистые растения, хвойные леса и т.д.).

Мезофауна – совокупность беспозвоночных животных, имеющих размеры от нескольких мм до нескольких см (паукообразные, дождевые черви, мокрицы, многоножки, многие насекомые, их личинки, слизни, улитки и т.д.).

Мезофилы – животные, обитающие в условиях умеренной влажности (большинство насекомых, птиц, млекопитающих).

Мезофиты (гр. *mesos* – средний + *phyton* – растение) – растения умеренного климата и условий достаточного, но не избыточного увлажнения (листопадные деревья и кустарники, большинство луговых и лесных трав). Много М. в тропических и субтропических леса. Характеризуются быстрым обменом веществ, вы-

сокими темпами роста, крупными листьями и размерами всего растения.

Местообитание (организма) – конкретный участок поверхности суши, водоема или воздушного пространства, занятый особями популяции одного вида и обладающий оптимальными условиями для их существования. У некоторых видов М. может изменяться с изменением стадий жизненного цикла (головастик – лягушка). Синонимы М. – *станция* (М. вида), *биотоп* (М. сообщества).

Метаболизм (гр. *metabole* – превращение) – синоним понятия «обмен веществ».

Метаморфоз (гр. *metamorphosis* – превращение) – процесс превращения ювенильных форм при непрямом постэмбриональном развитии во взрослых животных, сопровождаемый, анатомо-морфологическими и физиологическими перестройками. М. характерен для беспозвоночных животных (губки, кишечнополостные, черви и т. д.) и для низших позвоночных (рыбы, земноводные).

Миграция (лат. *migration* – переселение) – закономерное перемещение живых организмов за пределы участка обитания особи или популяции в зависимости от жизненного цикла или условий существования, происходящее по определенным путям, выработанным в процессе исторического развития. М. может носить характер постоянных кочевок или одноразовых перемещений (с возвратом или без него к исходному местообитанию).

Миграция элементов биогенная – перемещение элементов в ценоэкосистемах при участии микроорганизмов, высших растений, беспозвоночных животных и др. Результат М.э.б. – биоценотический круговорот веществ в природе.

Микроассоциация – совокупность сходных микроценозов.

Микробиоценоз – компонент биоценоза, представленный совокупностью микроорганизмов.

Микроклимат (гр. *micros* – малый, маленький + *klimatos* – климат) – совокупность климатических условий на небольшом естественном или искусственно образованном участке (берег озера, парк, нора животного), отличающихся от климатических характеристик данной местности.

Микропопуляция – группа особей одного вида, входящая в состав популяции микроценоза; представляет самостоятельную форму приспособления вида к окружающей среде, функционально и морфологически отличается от большинства особей популяции, не способна к длительному существованию и устойчива только в совокупности с другими М.

Микросукцессия – смена микроценозов при формировании микроценозов.

Микроценоз – небольшое сообщество организмов (наименьший фрагмент биоценоза), объединенных общим убежищем или источником пищи, неустойчивое, не обладающее механизмами саморегуляции (сообщества организмов в дупле, норе, на разлагающемся трупе).

Миксотрофы – организмы со смешанным типом питания – автотрофным и гетеротрофным (хлорофиллоносные, жгутиковые, насекомоядные растения, растения-полупаразиты).

Мимикрия (гр. *mimikos* – подражательство) – является биологическим приспособлением для выживания вида, благодаря внешнему сходству особей разных видов, что служит защитой одному из них от врагов (напр., окрашиванием, формой тела и его придатками). М. широко распространена у растений и животных).

Модельный вид – экспериментальная популяция животных для исследования действия экологических факторов (или одного фактора) на рост, развитие, размножение отдельной особи или целой популяции. Особи модельного вида должны иметь короткий онтогенез и высокую плодовитость (муха–дрозофила).

Мониторинг (лат. *monitor* – тот, кто предупреждает) – система наблюдений, оценки, контроля и прогнозирования изменений состояния окружающей природной среды (или отдельных структур биосферы) под влиянием антропогенных воздействий. Цель М. – разработка мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов, предупреждению о критических ситуациях и прогнозированию их масштабов. М. представляет собой информационную систему.

Моновольтность – свойство видов насекомых иметь в течение года только одно поколение.

Монофагия (гр. *monos* – один, единственный + *phagein* – есть) – крайняя степень пищевой специализации – питание одним

видом пищи; характерно для некоторых насекомых (тутовый шелкопряд), птиц (колибри), червей-паразитов, моллюсков и т. д.

Моноценоз – густо сомкнутое сообщество с преобладанием одного вида растения, препятствующего проникновению других видов (заросли ежевики, малины, можжевельника и т. д.).

Мутуализм (лат. *mutuus* – взаимный) – разновидность симбиоза, взаимовыгодное сожительство организмов разных видов; ни один партнер не может существовать без другого (микориза, лишайник, муравьи и тли, термиты и жгутиконосцы их кишечника, расщепляющие целлюлозу). *Внутриклеточный и внеклеточный М.* – эндосимбиоз (микробы пищеварительного тракта многих животных, грибы-мутуалисты). В многокамерном желудке жвачных – несколько кг бактерий, переваривающих целлюлозу.

Н

Натурализация (лат. *naturalis* – естественный, природный) – одна из форм интродукции растений, при которой данные растения легко воспроизводятся в новых условиях среды без изменения исходного генотипа. Н. сопровождается возникновением новых адаптаций, связанных с акклиматизацией.

Нахлебничество – см. **Комменсализм**.

Национальный парк – обширная охраняемая территория (или акватория), которая включает нетронутую антропогенным воздействием природу или участки, окультуренные для отдыха, представляющие экологическую, историческую и эстетическую ценность. Н.п. открыт для регулируемого посещения. В нем проводится работа по охране ландшафтов, редких и исчезающих видов растений и животных.

Нейстон (гр. *neustos* – плавающий) – совокупность планктонных организмов, локализованных на нижней стороне поверхностной пленки воды и удерживаемых силой поверхностного натяжения.

Нейтрализм – разновидность взаимоотношений организмов разных видов, которые не оказывают друг на друга никакого влияния.

Некрофаги (гр. *nekros* – мертвый + *phagos* – питание) – трупоядные животные (жуки-мертвееды, грифы, вороны, гиены).

Некрофагия – питание мертвыми организмами.

Нектон (лат. *nektos* – плавающий) – совокупность животных, активно передвигающихся в толще воды и не связанных непосредственно с дном водоема (крупные головоногие, пелагические рыбы).

Нитрификация – минерализация в процессе гниения сложных азотосодержащих органических соединений с участием бактерий.

Ниша (экологическая) – ограниченное место обитания и совокупность факторов внешней среды, к которым адаптированы организмы популяции, вида или другой таксономической единицы.

Ноосфера (гр. *noos* – разум + *sphaira* – шар) – "новая оболочка Земли", связанная с появлением человека. Понятие введено Э. Леруа и Тейяр де Шарденом (1927). Учение о Н. разработано В. И. Вернадским (40-е годы XX в.). Н. – качественно новое эволюционное состояние биосферы, для которого характерна тесная взаимосвязь законов природы с законами человеческого общества и для которого деятельность человека становится определяющим фактором функционирования и развития.

О

Обилие вида – число особей вида на единицу площади или объема занимаемого пространства.

Область биогеографическая – крупное подразделение биосферы (на суше, в гидросфере, заселенных частях атмосферы и литосферы), возникшее в результате сопряженного эволюционного развития продуцентов, консументов и редуцентов.

Облигатный (лат. *obligatus* – обязательный) – постоянно встречающийся. О. паразит – обязательное наличие хозяина, О. аэроб – живет только в среде, насыщенной кислородом.

Ограничивающий фактор – фактор, воздействие которого оказывается близким к пределам выносливости организмов данного вида (температура окружающей среды, насыщенность ее кислородом и влагой и т.д.).

Озоновый экран (слой) – слой стратосферы на высоте 20–25 км с максимальным содержанием озона (O₃); выполняет защитную

функцию, задерживая «жесткие» УФ-лучи, губительные для всего живого.

Окраска покровительственная – приспособительная окраска, помогающая животному стать незаметным в окружающей среде (сходство с предметами природы, частями растений или с другими животными). О.п. – один из видов мимикрии.

Окраска предупреждающая – одно из защитных приспособлений животных (актинии, перепончатокрылые, жуки, многоножки, рыбы, многие земноводные и т.д.) ядовитых и неядовитых, несъедобных, которые яркой окраской предупреждают о своей опасности. Ряд животных с О.п. способны принимать "позу угрозы" или издавать угрожающие звуки.

Окружающая среда (среда обитания, внешняя среда) – природный комплекс, с элементами которого организм находится во взаимоотношениях. О.с. характеризуют факторы *абиотические, биотические, антропогенные (антропические)*.

Олигосапробы (гр. *oligos* – немногочисленный, незначительный + *sapros* – гнилой) – организмы, обитающие в чистой или незначительно загрязненной органическими веществами среде с избытком кислорода (некоторые зеленые водоросли, кувшинка белая, губки, личинки стрекоз, форели, тритоны и др.).

Олиготрофы (гр. *oligos...+ trophe* – питание) – микроорганизмы и растения, обитающие в среде с низким содержанием питательных веществ (сфагновые мхи, пушица, вереск, клюква).

Олигофагия (гр. *oligos...+ phagein* – есть) – узкая пищевая специализация; питание животных однообразной пищей. Чаще О. встречается в тропическом климате, реже – в умеренном (различные членистоногие, черви, моллюски, рыбы, птицы, некоторые млекопитающие и т.д.).

Оптимальные условия – наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности, роста и размножения особей данного вида.

Оптимум фактора – наиболее благоприятное для жизнедеятельности организмов значение определенного фактора.

Оптимум экологический – комплекс условий, наиболее благоприятных для существования организма (популяции, вида). Выделяют следующие зоны О.э.: световые, температурные, кислородные и др.

Организм (фр. *organisme* – устраиваю + гр. *organon* – орудие, инструмент) – О. в узком смысле – индивидуум, особь; существо, характеризующееся всеми свойствами живого; в широком смысле – биологическая система, включающая взаимозависимые и соподчиненные элементы (особь, колония особей, семья у общественных насекомых), функционирующие как единое целое.

Органическое вещество планеты – комплекс органических веществ (живых и мертвых). Живое О.в.п. продуцируется автотрофными организмами. Мертвое О.в.п. – продукты распада погибших живых организмов.

Осадки кислотные – атмосферные осадки, подкисленные растворенными в атмосферной влаге промышленными выбросами серного ангидрида, соединений азота, хлора и др. О.к., попадая в водоемы и почву, приводят к гибели водные организмы, леса, растительность и т.д.

Особь, индивидуум (лат. *individum* – неделимый) – понятий применимо к высшим неколониальным организмам; неделимая морфофизиологическая единица жизни.

Отношения биотические – внутри- и межпопуляционные, межвидовые взаимоотношения организмов, основой которых являются трофические связи, или цепи питания.

Охрана природы, или окружающей среды – комплекс мероприятий (международных, государственных, региональных и локальных административно-хозяйственных, технологических, юридических и общественных), направленных на сохранение видового многообразия флоры и фауны планеты, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в интересах существующего и будущих поколений людей. Возрастающее антропогенное воздействие на природу делает необходимой ее санитарную охрану. Решение вопросов О.п. регулируется определенными законодательными актами. О.п. обеспечивают: создание в промышленности очистных сооружений и безотходных технологий; методы комплексной переработки сырья; увеличение площадей лесонасаждений; разработка и использование методов биологической защиты растений, расширение сети заповедников, заказников, Национальных парков. Вопросы О.п. решают международные организации: ООН, ЮНЕСКО, МСОП (международный союз охраны природы), МАГАТЭ и др.

Оцепенение животных – состояние резкого снижения процессов жизнедеятельности у животных как приспособление к переживанию неблагоприятных условий окружающей среды (низкая температура, недостаток влаги и пищи). О. – явление обратимое. Зимнее О. у гомойотермных животных называется спячкой. О. летнее вызвано наступлением засухи.

П

Палеоэкология – раздел палеонтологии, реконструирующий древние сообщества на основе изучения ископаемых остатков организмов и их отношений с окружающей средой.

Палеоэндемизм (гр. *palaios* – древний + *endemos* – местный) – узкий ареал древней группы, в значительной степени, вымершей.

Палеоэндемики – виды, вымирающие с небольшой численностью особей, нуждающиеся в охране.

Паразитизм (др.-гр. *parasitos* – нахлебник) – антагонистический симбиоз; форма биотических отношений организмов разных видов, когда организм одного вида (паразит), поселяясь на или в теле организма другого вида (хозяина), использует его в качестве среды обитания и источника пищи, причиняя последнему вред. П. известен на всех уровнях организации живого, начиная с клеточного (вирусы, малярийные плазмодии) и кончая организменным и популяционным (амебы, инфузории, гельминты, членистоногие).

Паразитоценоз – исторически сложившееся сообщество, совокупность различных популяций паразитов в организме хозяина или в его жилище (гнездо, норы и т.д.).

Паразитоценология – раздел паразитологии, изучающий паразитоценозы.

Парк национальный – см. **Национальный парк**.

Парниковый эффект – повышение средней температуры на поверхности Земли, вызывающее нежелательные экологические воздействия. Причина П.э. – задержка в атмосфере инфракрасного излучения некоторыми газами (СО₂, СН₄ и др.).

Парцелла (фр. *parcelle*, от лат. *particula* – частица) – микрогруппировка в биогеоценозе, определяющая его мозаичность

(внутрипопуляционные группы животных, группы кустарников на лугу и т.д.).

ПДН – предельно допустимые нормы антропогенной нагрузки на природную среду, устанавливаемые с учетом емкости природной среды и ее ресурсного потенциала.

ПДУ – предельно допустимые уровни радиации, обеспечивающие экологическую безопасность для здоровья человека и его генетического фонда.

ПДХВ – предельно допустимые нормы химических веществ.

Первичная продукция – ее образуют (продуцируют) фото- и хемосинтезирующие организмы (растения, бактерии); это биологическая продуктивность природных сообществ. П.П. Мирового океана меньше, чем П.п. на суше. Максимальные показатели П.п. на суше – в тропических лесах, минимальные – в тундре.

Перифитон (гр. *peri* – вокруг, около + *phyton* – растение) – совокупность пресноводных организмов, поселяющихся на подводных частях речных судов, сооружений, на сваях и т.д. Синоним П. – *обрастание*.

Пессимум – значение экологического фактора, при котором угнетается жизнедеятельность организма.

Пирамида биомассы – количество биомассы на каждом уровне трофической (пищевой) цепи.

Пирамида чисел – отражает число особей на каждом уровне трофической (пищевой) цепи; распределение особей по трофическим уровням: 1) мелкие животные численно превосходят крупных и быстрее размножаются; 2) для хищника существует нижний и верхний пределы размеров их жертв; пища – оптимального размера.

Пирамида энергии – отражает количество энергии на каждом уровне трофической (пищевой) цепи; скорость прохождения массы пищи через трофическую (пищевую) цепь.

Пирамида экологическая (пирамида Элтона) – см. **Экологическая пирамида**.

Пирофиты (гр. *pur* – огонь + *phyton* – растение) – огнестойкие растения, выработавшие в процессе эволюции ряд приспособлений (термостойкая кора стволов, плотная кожура семян, высоко поднятая крона и др.).

Пищевые цепи (см. **цепи питания, трофические цепи**) – являются основой взаимоотношений особей разных видов в экосистемах (биогеоценозах). П.ц. имеют три основных звена: *продуценты* – "производители" органического вещества или автотрофные организмы; *консументы* – потребители органического вещества или гетеротрофные организмы; *редуценты (деструкторы)* – разрушители органического вещества (погибших животных). Представители предыдущего звена служат пищей для представителей последующего звена. Различают два типа пищевых цепей – *пастбищные* (зеленые растения – травоядные млекопитающие – хищники) и *детритные* (мертвые органические вещества – детритофаги – хищники). Пищевые цепи потребителей мертвой органики называются детритными, а цепи, где пищей служит живая органика – пастбищными. Пример детритной цепи: мертвые ткани растений – грибы – многоножки кивсяки – их экскременты – грибы – ногохвостки – хищные клещи – хищные многоножки – их трупы – бактерии. П.ц. являются основой биотических связей и биогенного круговорота веществ в природе.

Планктон (гр. *planktos* – парящий, блуждающий) – совокупность организмов, населяющих толщу воды континентальных и морских водоемов, взвешенных в воде и пассивно переносимых течениями (водоросли, простейшие, низшие ракообразные, оболочники, личинки рыб и др.). Различают П. *морской, озерный, фито-, зоо- и бактериопланктон*. Наиболее разнообразен П. тропических морей. Основной продуцент биомассы водоема – фитопланктон.

Плейстон (гр. *pleo* – плыву) – животные или растения, приспособленные к обитанию в поверхностной пленке воды, часть тела которых находится в воде (сифонофоры, саргассовые водоросли и др.).

Пленка жизни, живая оболочка Земли – см. **Биосфера**.

Плодовитость – обусловленное эволюцией свойство живых организмов давать потомство. П. – скорость размножения организмов, определяемая скоростью полового созревания, величиной приносимого приплода и частотой размножения. П. снижается при близкородственном разведении и может полностью исчезнуть при отдаленной гибридизации.

Плотность популяции – число особей популяции, приходящихся на единицу площади или объема.

Плотноядные животные – организмы, питающиеся позвоночными животными.

Подвид – совокупность локальных популяций вида, имеющих некоторую географическую часть его ареала и отличных от других популяций этого вида.

Пойкилотермные животные (гр. *poikilos* – различный, переменчивый + *thérmé* – тепло) – животные с непостоянной температурой тела (холонокровные), которая зависит от температуры окружающей среды (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся и др.); у них отсутствуют механизмы ее регуляции. При резком повышении или снижении температуры среды у П.ж. наступает оцепенение или их гибель.

Покровительственная окраска и форма тела животных – защитные приспособления, делающие животных незаметными в окружающей среде. Выделяют 3 разновидности П.о. и ф.: *маскировка, демонстрация, мимикрия*. Маскировка важна для организмов на ранних стадиях онтогенеза, реже – для взрослых животных (гусеница принимает форму сучка на дереве, неподвижные птенцы на фоне травы, выпь в тростнике). Демонстрация используется при встрече с хищником (врагом) – ящерица раздувает кожные складки в области головы и приподнимается на задних конечностях; увеличивается в размерах рыба-гиар. Мимикрия связана с окраской тела животного: неядовитое животное (или неопасное) окрашено как ядовитое; покровы животного принимают окраску субстрата, на котором они находятся (хамелеон, некоторые донные рыбы).

Полиморфизм (гр. *polýsmorphos* – многообразный) – одновременное наличие в пределах одного вида (в одной популяции) резко различающихся по внешнему виду форм (половой диморфизм, П. у общественных насекомых).

Полифаг (гр. *polýs* – многочисленный, обширный + *phagos* – питание) – организм, потребляющий разные виды корма.

Полифагия (гр. *polýs... + phagos* – питание) – использование организмами разнообразной растительной и животной пищи. П. характерна для рыжих муравьев, хищных птиц, лягушек и многих других.

Половой диморфизм – внешние морфологические признаки, отличающие самцов и самок животных ("рога" у жуков носорога и оленя, окраска оперения у птиц и т. д.).

Популяционная биология – раздел биологии, изучающий связи организмов в популяциях, их взаимодействия друг с другом в зависимости от внешних и внутренних факторов.

Популяционная экология – см. Демэкология.

Популяционные волны (см. волны жизни) – колебания численности особей в природных популяциях в зависимости от сезона года, изменений климата, обилия корма, случайных экологических "катастроф" (лесные пожары, засуха, наводнения и т. д.).

Популяционный гомеостаз – способность популяции к саморегуляции.

Популяция (лат. *populatio* – население) – биологическая система, представленная особями одного вида, в течение длительного времени населяющих определенный ареал, обладающих общим генофондом, свободно скрещивающихся между собой и относительно изолированная от других популяций этого вида. Термин "П." был введен датским ученым В. Иогансенем (1903). Структура П. может быть возрастной, половой, этологической, генетической и т. д.

Потенциал биотический – см. Биотический потенциал.

Почва – особое природное образование, представленное рыхлым слоем земной коры, которое изменяется атмосферой, живыми организмами и постоянно пополняется органическими остатками. Основу П. составляет гумус (перегной). Он образуется под действием живых организмов и различных физико-химических процессов (разрушение горных пород, минерализация органических остатков). П. характеризуется плодородием и составом (глинистая, песчаная, чернозем и т.д.). По В. И. Вернадскому, почва – "биокосное тело", в котором взаимосвязаны живое и неживое.

Почвенная фауна – животный мир почвы. *Животные-геобионты* всю жизнь проводят в почве, *животные-геофилы* проходят в почве определенную стадию развития, *животные-геоксены* находятся в почве в неактивном состоянии.

Правило Аллена – у теплокровных животных в условиях холодного климата размеры выступающих частей тела меньше, чем у животных, проживающих в районах жаркого климата.

Правило Бергмана – о закономерности изменения размеров тела животных в зависимости от температуры окружающей среды: по мере удаления от экватора к северу средние размеры тела в популяциях теплокровных животных увеличиваются, у холоднокровных – уменьшаются. Сформулировано немецким ученым Бергманом (1847).

Правило взаимоприспособленности К. Мёбиуса-Г.Ф. Морозова – виды в биоценозе настолько приспособлены друг к другу, что их внутреннее противоречивое сообщество составляет единое системное взаимосвязанное целое. В естественных биоценозах "не существует полезных и вредных насекомых, птиц. Там все служит друг другу и взаимоприспособлено".

Правило Гаузе – см. **Принцип Гаузе**.

Правило Глогера – географические расы животных в теплых и влажных областях пигментированы сильнее, чем расы в холодных и сухих областях. Сформулировано немецким ученым Глогером (1833).

Правило Джордана (правило викариата) – ареалы близкородственных форм животных (видов или подвидов) не совмещаются; они находятся близко друг от друга, но разделены какой-либо географической преградой (пустыней, горным хребтом).

Правило Митчерлиха – продуктивность биологической системы определяется всей совокупностью действующих факторов. Сформулировано Э. А. Митчерлихом (1909) и является уточнением закона Либиха.

Правило (обязательности) заполнения экологических ниш – пустующая экологическая ниша всегда естественно заполняется. На самом деле экологические ниши в экосистемах не существуют – они заполняются любыми способами (напр., мелкие хищники в бамбучниках Сахалина, которые приурочены к долинам рек, замещаются в окружающей среде серыми крысами, которые обладают хищными наклонностями).

Правило стабильности возрастной структуры (правило А. Лотка, 1925) – любая природная популяция стремится к установлению стабильной возрастной структуры.

Правило смены местообитаний – закономерное изменение местообитаний видов в широком диапазоне пространства и времени.

Правило смены ярусов – в разных зонах одни и те же виды занимают неодинаковые ярусы.

Правило Шелфорда (закон толерантности) – процветание популяции зависит от комплекса факторов, к каждому из которых у особей, составляющих популяцию, имеется диапазон толерантности (выносливости). Сформулировано Э. А. Шелфордом (1913).

Правило экологической пирамиды чисел (численности) – отражает численность отдельных организмов на каждом трофическом уровне.

Правило экологической пирамиды биомасс – отражает соотношение между продуцентами и консументами, выраженное в их массе (общем сухом весе, энергосодержании или другой мере общего живого вещества).

Правило экологической пирамиды энергии – отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы пищи через пищевую цепь.

Предельно допустимая доза (ПДД) – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала (профессиональных работников, постоянно или временно работающих с источниками ионизирующих излучений) неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. ПДД = 50 мЗв/год.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – законодательно или ведомственно установленный норматив количества вредного вещества в окружающей среде, которое считается не влияющим на здоровье человека, животный или растительный мир. Нижних безопасных величин при воздействиях канцерогенов и ионизирующей радиации не существует, которой представляет опасность для здоровья человека.

Принцип агрегации особей (Олли) – скопление (агрегация) особей, как правило, усиливает конкуренцию между ними за источники пищи и жизненное пространство, но в целом приводит к повышению способности выживания группы. Следовательно, как "перенаселенность", так и "недонаселенность" могут быть лимитирующими экологическими факторами.

Пределы выносливости (нижний и верхний) – диапазон значений экологического фактора, за границами которого невозможна нормальная жизнедеятельность.

Преферендум – интервал значений физических факторов, которые выбирает организм из всего диапазона их значений (напр., гигропреферендум – интервал значений по влажности среды обитания).

Принцип исключения – два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны. Сформулирован Гаузе (1932).

Принцип Оли – для каждого вида существуют оптимальный размер группы (стадо слонов – 25 особей, оленей – минимум 300 голов) и оптимальная плотность популяции.

Природные ресурсы – в широком смысле все природные блага, предназначенные для удовлетворения экологических, экономических, культурно–оздоровительных потребностей человек и общества; в узком – естественные источники удовлетворения потребностей материального производства (земельные, лесные, минеральные ресурсы и др.).

Природопользование – хозяйственная и иная деятельность, в процессе которой используются природные ресурсы и оказывается воздействие на окружающую среду.

Продуктивность – свойство живых организмов создавать определенное количество биомассы.

Продуктивность биологическая – биомасса, производимая популяцией или сообществом (экосистемой) за единицу времени или на единицу площади.

Продукция (лат. *production*, от *produco* – произвожу, создаю) – суммарная биомасса, образованная группой организмов за определенный период времени: прирост массы особей (погибших и элиминированных), новорожденных особей, прижизненных выделений личиночных шкур масс образованных семян и т.д. Величину П. обычно относят к единице площади или объема. Один из количественных методов оценки П. предложил П. Бойсен-Йенсен (1919):

$$P = V_t - V_o + V_e,$$

где P – П. за интервал времени $(0, t)$, V_0 и V_t – биомасса популяции или любого сообщества в начале и в конце этого интервала, V_e – биомасса особей, элиминированных в начале и в конце этого интервала. Данная формула в виде:

$$V_t - V_0 = P - V_e$$

представляет общее уравнение динамики биомассы изолированной популяции. П., определенная по этой формуле, отвечает чистой первичной продукции зеленых растений и вторичной П. (продукции животных). П. – одна из важнейших экологических характеристик, мера биологической продуктивности любого сообщества.

Продуценты (лат. *producens*, род. падеж *producentis* – производящий, создающий) – автотрофные организмы (преимущественно растения), синтезирующие органические вещества из неорганических с использованием лучистой (*фотосинтез*) или химической (*хемосинтез*) энергии. П. образуют первичный трофический уровень в основании экологической пирамиды.

Псаммофилы (гр. *psámmos* – песок + *phileo* – люблю) – обитатели песчаного субстрата, имеющие ряд адаптивных к нему особенностей: способность быстро передвигаться и быстро зарываться в песок (круглоголовка, песчаный удавчик) и передвигаться в нем (песчаные тараканы). П. – беспозвоночные: некоторые пауки и роющие осы. П. – позвоночные: некоторые ящурки, круглоголовки, тушканчики, песчанки, суслики и др.

Псаммофиты (гр. *psámmos...* + *phytum* – растение) – растения подвижных песков, главным образом пустынь. Адаптации растений к песчаному субстрату: у деревьев и кустарников – мощные придаточные корни на стволах (саксаул и т.д.), побеги из придаточных почек на корнях (песчаная акация и др.). У травянистых П. – длинные быстро растущие корневища (осока песчаная и т.д.). У многолетних П. сильно редуцированы листья. Различные придатки на плодах обеспечивают их летучесть.

Р

Радиационная биология (радиобиология) (лат *radius* – луч + *bios* – жизнь + *logos* – наука) – раздел биологии, изучающий биологическое действие всех видов ионизирующих излучений на жи-

вые организмы и их сообщества всех уровней организации. Р. как наука сформировалась в первой половине XX века в связи с развитием ядерной физики и техники. В настоящее время имеет отдельные отрасли: *радиационная микробиология, радиационная генетика, радиоэкология* и др.

Радиация солнечная – излучение Солнца, имеющее электромагнитную и корпускулярную природу и являющееся основным источником энергии для многих процессов на Земле.

Радиоактивное загрязнение – повышение естественного радиоактивного фона на определенной территории. Причины Р.з.: например, авария на объекте атомной энергетики, испытание ядерного оружия и т.д.

Радиоактивные осадки – твердые или жидкие частицы, выпадающие из атмосферы на землю, содержащие радионуклиды. Р.о. появляются, как правило, после аварий, на предприятиях атомной энергетики, при испытаниях ядерного оружия.

Радионуклиды – нестабильные радиоактивные изотопы, которые характеризуются атомной массой и периодом полураспада (постоянная величина для данного изотопа). Р. способны накапливаться в живых организмах.

Радиопротекторы – вещества химической природы, снижающие действие радиации на живые организмы.

Радиочувствительность – восприимчивость биологическими объектами ионизирующей радиации. Р. выше у клеток с большим числом хромосом и высоким содержанием ДНК. Р. зависит от химического состава клетки и фазы ее клеточного цикла. Рад – единица Р.; доза (LD_{50}), вызывающая гибель 50% клеток или организмов.

Развитие – процесс количественных и качественных преобразований организма от момента оплодотворения (образование зиготы) и до смерти – понятие "*онтогенез*". Историческое Р. вида или другой систематической категории – понятие "*филогенез*".

Разновидность – термин, определяющий внутривидовые группировки. В настоящее время заменяют терминами раса, подвид.

Раса – таксономическая категория, применяемая в ботанике и зоологии для обозначения хорошо обособленных в экологическом,

часто и в морфологическом отношении групп организмов внутри вида или подвида. Особенно четко выявляются расы у рыб.

Реакклиматизация (лат. *re...* + *klima* – режим погоды) – разведение в какой-либо местности обитавших ранее, но вымерших или истребленных ценных видов животных, или растений (Р. бобра в Сибири и Беларуси, соболя в Сибири и т. д.).

Редуценты, деструкторы (лат. *reducens*, род. падеж *reducentis* – возвращающий, восстанавливающий) – организмы (бактерии, грибы, дождевые черви и т.д.), осуществляющие минерализацию (окончательное разложение) органических веществ погибших тел. Органические вещества отмерших растений разрушают почвенные Р.

Резерват (лат. *reservatus* – сохраненный) – территория, на которой для сохранения определенных природных комплексов – ландшафтов, экосистем или отдельных видов – ограничены или запрещены любые виды хозяйственной деятельности. Объектами охраны Р. могут быть промысловые или редкие виды зверей, птиц, рыб, растений.

Резистентность (лат. *resistance* – устойчивый) – выработка устойчивости живых организмов к действию какого-либо фактора окружающей среды (напр., Р. вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам).

Реликты (лат. *relictum* – остаток) – остатки фауны и флоры прошлых (исчезнувших) геологических эпох; ранее широко распространенные виды, в большинстве вымершие, сохранившиеся в прежнем виде на небольшой части их прежнего ареала (гаттерия в Новой Зеландии, фазан и пеликан в дельте Волги, заяц-беляк в Альпах, карликовая береза, секвойя и т.д.).

Реофилы (гр. *rheos* – течение, поток + *phileo* – люблю) – организмы, весь жизненный цикл которых или отдельных их стадии проходят в текучих водоемах – реки, ручьи, морские мелководья (личинки ручейников, проходные рыбы, многие моллюски и т. д.).

Репродуктивный потенциал – скорость роста численности популяции при наличии неограниченного пространства, обилия пищи и других ресурсов, но при полном отсутствии любых факторов, препятствующих ее росту и размножению. Чем выше репродуктивный потенциал данного вида, тем быстрее будет происходить рост его популяций при наличии соответствующих условий.

Величина популяций регулируется таким образом, что небольшие популяции растут быстро, более крупные – медленнее, а еще более крупные – фактически угасают.

Репродукция (лат. *re* – приставка, означающая возобновление, повторение + *productio* – производство) – воспроизведение организмами себе подобных.

Ресурсы возобновимые – природные ресурсы, способные восстанавливаться за счет естественных возможностей, поглощения и преобразования солнечной энергии (биомасса растений и животных, энергия ветра и водных течений и т.д.).

Ресурсы невозобновимые – природные ресурсы, возникшие однократно и формирующиеся в течение длительного периода времени (полезные ископаемые, родниковая вода и т.д.).

Рождаемость – интенсивность восполнения популяции за счет размножения. *Р. физиологическая*: теоретически максимальная скорость рождения новых особей при отсутствии факторов, ограничивающих процессы размножения. *Р. удельная*: рассчитывается на одну особь или на одну самку в популяции. *Р. экологическая*: увеличение численности популяции при данных условиях среды. *Р. валовая*: общее число потомков, которое может быть произведено (в среднем) организмом при отсутствии смертности.

С

Сапробионты (гр. *saprós* – гнилой + *bios* – жизнь) – организмы, обитающие в сильно загрязненных органическими веществами водах (хозяйственно-бытовые стоки).

Сапробность (гр. *saprós...*) – способность организмов обитать в воде, содержащей органические вещества хозяйственно-бытовых сточных вод. *С.* характерна для обитателей внутренних водоемов; с учетом возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду имеет значение и для обитателей морей. *С.* используют для биологической очистки сточных вод.

Сапробы (гр. *saprós...* + *bios* – жизнь) – организмы, обитающие в сильно загрязненных водах (коловратки, некоторые коловратки, протисты и т. д.). *С.* служат для определения степени загрязненности водоемов.

Сапрофаги (гр. *saprós...+ phagos* – пожирающий) – организмы, питающиеся разлагающимися органическими веществами (жуки-навозники, личинки некоторых мух и т. д.).

Сапрофиты (гр. *saprós...+ trophe* – питание) – организмы, питающиеся органическими веществами погибших животных или их экскрементами (бактерии, грибы, актиномицеты, насекомые, дождевые черви, некоторые виды ракообразных, млекопитающих, высших растений и т.д.). Водные С. участвуют в биологической очистке вод, почвенные – в почвообразовании и повышении плодородия почвы.

Сгущения жизни – неравномерное распределение живого вещества биосферы по вертикали и по площади. С.ж. на суше: леса, болота, поймы рек и озера. С.ж. в океане: прибрежное, придонное, рифовое и т.д.

Седентарные организмы (лат. *sedes* – сиденье) – сидяче-прикрепленные организмы (губки, некоторые кишечнополостные и т.д.).

Сезонная периодичность – одна из разновидностей биоритмов; изменение жизнедеятельности организмов, вызванное сменой времени года (перелеты птиц, спячка позвоночных и т.д.).

Серия (сукцессионный ряд) – совокупность последовательно развивающихся сообществ растений.

Сестон (гр. *sestós* – просеянный) – совокупность взвешенных в воде органических, неорганических частиц и мелких планктонных организмов.

Сестонофаги (гр. *sestós... + phagos* – пожираю) – водные животные, питающиеся сестоном (планктон и взвешенные в воде частицы детрита). Большинство С. – фильтраторы: низшие ракообразные, оболочники, губки, некоторые многощетинковые черви, иглокожие, асцидии и т. д.).

Сидячие животные (сидячий бентос) – водные животные, ведущие прикрепленный образ жизни; часто образуют колонии. К С.ж. относятся некоторые простейшие, губки, кишечнополосные, сидячие полихеты, двустворчатые моллюски (мидии, устрицы), усоногие раки и т.д.

Симбиоз (гр. *symbiōsis* – совместная жизнь) – любая форма сожительства организмов разных видов. Термин предложен А. де Бари в 1879 г. Основу С. составляют трофические связи, про-

странственные отношения между организмами. С. бывает *факультативным*, когда каждый организм при отсутствии партнера может жить самостоятельно, и *облигатным*, когда один из организмов (или оба) оказываются в такой зависимости от другого, что самостоятельное существование невозможно. Формы С.: *синойкия* (сожительство места), *комменсализм* (сотрапазнейчество, нахлебничество), *мутуализм* (взаимовыгодный С.), *паразитизм* (антагонистический С.).

Синантропные виды (гр. *ántrōpos* – человек + *phileo* – люблю) – виды, обитающие или произрастающие рядом с человеком (грызуны, некоторые виды птиц и т. д.).

Синантропные организмы (гр. *syn* – вместе + *ántrōpos* – человек) – растения и животные, обитающие вблизи человека, связанные с его жильем, хозяйственными постройками (крысы, тараканы, клопы, птицы куриные, воробьиные и т. д.).

Синойкия, син. квартиранство (гр. *synoikia* – совместное жилище) – разновидность симбиоза: организм одного вида обитает в жилище организма другого вида (норы, гнезда, раковины) и часто питается остатками его пищи (нериды и рак-отшельник, усоногие раки на коже акул и т. д.).

Синузия (гр. *synusia* – совместное пребывание, сообщество) – пространственно и экологически разграниченные части фитоценоза, состоящие из видов растений одной или нескольких экологически близких жизненных форм. С. различают *ярусные, эпифитные, внутрпочвенные*; по ритмам развития – *постоянные* и *временные*. С. может совпадать с ярусом (морфологическое понятие), но может составлять только часть его. В состав яруса может входить несколько С.

Синэкология, биоценология (гр. *syn...* + *oikos* – дом + *logos* – наука) – раздел экологии, изучающий взаимоотношения организмов в биоценозах: формирование и структуру сообществ животных, растений микроорганизмов и их взаимодействие с окружающей средой.

Ситуация экологическая – состояние окружающей среды или отдельных ее факторов, имеющих эмоциональную, количественную или качественную оценку.

Склерофиты (гр. (*sklērós* – жесткий + *phytum* – растение) – растения засухоустойчивые, с жесткими побегами, что обусловле-

но сильным развитием механической ткани (ковыли, иглица, саксаул и т.д.).

Смертность – интенсивность сокращения числа особей в популяции в результате их гибели. Показатель процесса гибели особей выражается числом погибших или умерших на определенной территории за определенный промежуток времени. Условно по отношению к 100 или 1000 особей. Показатель С. изменяется в зависимости от условий среды, возраста и состояния популяции. С. минимальная – гибель особей в идеальных для популяции условиях существования. С. экологическая – гибель особей в реальных условиях существования.

Смог (англ. *smog, smok* – туман с дымом) – результат сложных химических реакций смеси газов (в основном окислов азота и углеводородов, содержащихся в выхлопных газах автомобилей), протекающих в нижних слоях атмосферы под действием солнечного света. Один из основных компонентов С. – озон – оказывает вредное действие на растительность, на органы дыхания животных и человека.

Сообщество – совокупность совместно обитающих организмов разных видов, представляющая собой определенное экологическое единство (напр., фитопланктон водоема и др.). Выделяют С. растений (*фитоценоз*) и С. животных (*зооценоз*). Элементы С. – популяции разных видов, а само С. является элементом экосистемы (или биогеоценоза).

Сообщество биотическое – совокупность популяций любых видов, населяющих определенный биотоп. С.б. имеет определенную структуру, функции и в зависимости от сезона постоянно меняет свой облик.

Сообщество климаксное – формирующееся в данной местности сообщество, при этом сохраняющееся неизменным, пока не возникают какие-либо нарушения.

Сопротивление среды – комплексное действие абиотических и биотических факторов, которое ограничивает максимальный репродуктивный потенциал организмов.

Социальное поведение животных – различные взаимодействия между особями вида или их группами посредством коммуникативного поведения. С.п. может быть связано с территорией проживания (львы, приматы). Группы (семьи), внутри которых

существует система социальной иерархии, могут формироваться из родственных и неродственных особей (колонии птиц, стада копытных и т.д.). При значительном повышении численности особей колонии социальный стресс через эндокринную систему снижает рождаемость и повышает смертность особей.

Список зеленый – виды животных и растений, исключенных из Красной книги, в связи с восстановлением численности их популяций до оптимального уровня.

Список красный – перечень редких видов животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения.

Список черный – исчезнувшие виды животных и растений.

Спячка – приспособления у животных к перенесению неблагоприятных сезонов года; резкое снижение процессов жизнедеятельности у гомойотермных животных в периоды смены сезонов или резких изменений температуры окружающей среды, что ограничивает наличие пищи. Перед наступлением С. животные накапливают в организме питательные вещества (в основном жиры) и укрываются в норах, дуплах и т. д. С. подразделяется на *суточную* (летучие мыши) и *сезонную* (*летняя* – животные пустынь, *зимняя* – грызуны, медведи).

Среда – все, что окружает организмы и прямо или косвенно влияет на их жизнедеятельность (размножение, развитие, выживание и т.д.). Выделяют 4 основные среды жизни: вода, суша (наземно-воздушная), почва, организм (для паразитов и симбионтов).

Стация (лат. *station* – место, положение) – участок территории с необходимыми условиями (географические условия, наличие пищи и т.д.) для проживания особей определенного вида. Обычно вид имеет несколько С., которые отличаются по рельефу, растительности и другим признакам; иногда различия связаны с жизненным циклом животных. Понятие С., употребляемое к наземным животным, близко к общему понятию – *местообитание*.

Стенобионт (гр. *stenos* – узкий + *bios* – жизнь) – организмы, приспособленные к использованию узкого набора ресурсов, обитающие в условиях постоянства одного или группы факторов (температура среды, соленость, влажность и т. д.) и устойчивые к

незначительным отклонениям фактора от оптимума (паразиты, обитатели пещер, влажных тропических лесов и т.д.).

Стенофаги – животные, потребляющие строго определенные виды пищи.

Стенофагия (гр. *stenos*...+ *phagos* – пожирающий) – способность организмов питаться одним (*монофагия*) или несколькими (*олигофагия*) видами пищи. С. обусловлена физиологическими и биохимическими адаптациями пищеварительной системы (жвачные млекопитающие, гиены, клесты, пухоеды и т. д.).

Стихийные бедствия – природные процессы, вызванные землетрясениями, ураганами, извержением вулканов, эрозией почв, селями, лавинами, снежными бурями и т. д., которые могут представлять опасность для всего живого.

Субдоминант – вид, меньший по численности и плотности, чем доминант и второй по значимости в данном биоценозе.

Сукцессия (лат. *successio* – преемственность, наследование) – последовательная, направленная, необратимая, закономерная смена во времени одних биоценозов другими на определенном участке земной поверхности (зарастание небольшого озера с последующим появлением на его месте болота, а затем леса). Процессы С. предсказуемы и имеют определенное направление. При отсутствии нарушений С. завершается возникновением сообщества, находящегося в относительном равновесии со средой – *климакса*.

Сумма эффективных температур – для данного вида является постоянной величиной и представляет общее количество тепла, получаемого организмом для завершения онтогенеза.

Суточные ритмы – изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений, интенсивности обмена веществ, температуры тела и других физиологических процессов в живых организмах. У человека около 100 физиологических функций, имеющих С.р. Синхронизируют С.р. различные центры головного мозга. Нарушения С.р. приводят к заболеваниям у человека – *десинхронозам*. Часто термин "С.р." используют как синоним *циркадных ритмов*.

Т

Температура оптимальная – наиболее благоприятная для жизнедеятельности, роста и развития организма.

Температура эффективная – разница между температурой среды и температурным порогом развития.

Терморегуляция (др.-гр. *thérmē* – тепло + лат. *regulo* – регулировать) – способность организмов с помощью сложных физиологических механизмов у теплокровных животных (птицы, млекопитающие) поддерживать относительно постоянной температуру своего тела в разных условиях окружающей среды. *Химическая Т.* – способность регулировать теплопродукцию за счет изменений объема тела (бурый жир у млекопитающих). *Физическая Т.* – способность регулировать теплоотдачу (увеличение зимой массы перьев у птиц и слоя подкожной жировой клетчатки у животных; регуляция потоотделения). Существует также *поведенческая Т.* и т.д.

Термофилы (др.-гр. *thérmē... + phileo* – люблю) – организмы, для жизнедеятельности которых требуется постоянно высокая температура (термофильные бактерии горячих источников, сапрофиты и паразиты теплокровных животных, многие виды гомотермных животных, мадрепоровые кораллы и т. д.).

Терофиты (др.-гр. *théros* – лето + *phyton* – растение) – растения, переживающие неблагоприятные условия в виде семян (однолетние травы, полевые сорняки). Т. в пустынях составляют до 73% видов растений.

Территориальное поведение (животных) – способы активного распределения особей в пространстве в форме локальных популяций. Территории могут быть сезонными, на период размножения (у птиц). Отдельные особи популяции обычно охраняют групповую территорию от соседей.

Территориальность (лат. *territoria* – земельное пространство) – формы использования территории и акватории особями определенного вида животных или растений. Т. наиболее выражена у позвоночных животных и некоторых членистоногих со сложным поведением и связана с периодом размножения. Т. проявляется в постройке гнезд, откладке яиц, заботе о потомстве и т. д.

Территория – область, занимаемая одной особью вида или значительным числом особей и охраняемую этими особями от других членов того же, а иногда и других видов. Ценность Т.

определяется не ее пространством, а наличием убежищ, пищи и мест для гнездования.

Территория охраняемая – акватория или наземное пространство, имеющие ценные объекты, явления природного и антропогенного характера (ценные экосистемы, инженерные сооружения, памятники природы и т.д.) или благоприятно воздействующие на окружающее пространство (зеленая зона, лесные полосы и т. д.). Такие территории охраняются законом и специальными службами.

Территория рекреационная – участок суши и (или) акватории, предназначенный для отдыха и восстановления здоровья людей

Территория урбанизированная – участок суши, занятый населенным пунктом городского типа и связанными с ним производственными, транспортными и инженерными сооружениями.

Техносфера (гр. *techne* – мастерство + *sphaira* – шар) – область распространения технических средств, созданных человеком.

Тип (гр. *typos* – форма, образец) – одна из высших таксономических категорий в системе животного мира, которая объединяет родственные классы (с единым планом строения).

Токсины (др.-гр. *toxicon* – ядовитый) – ядовитые вещества, образуемые некоторыми бактериями, растениями и животными. Т. нарушают физиологические функции живых организмов, способны вызывать их заболевание и смерть (микробные Т., Т. морских кишечнополостных, насекомых, грибов и цветковых растений).

Токсичность – ядовитость; способность химических элементов соединений или биогенных веществ оказывать вредное действие на микроорганизмы, растения, животных и человека.

Толерантность вида (лат. *tolerantia* – терпение) – **закон выносливости** или **толерантности** (В. Шелфорд, 1913): лимитирующим процветание вида может быть, как минимум, так и максимум экологического фактора, диапазон между которыми определяет величину толерантности (выносливости) организма к данному фактору.

Топические связи (гр. *topes* – место) – взаимосвязи между разными популяциями в биоценозе, когда особи популяции одного

вида оказывают влияние на условия существования особей популяции другого вида.

Трофическая структура – организация сообщества на основе пищевых взаимоотношений популяций.

Трофическая цепь (цепь питания) – основа биотических связей между организмами экосистемы; цепь, которая обеспечивает потоки веществ и энергии. Т.ц. включает 3 основных звена: 1 – *продуценты* (автотрофы), 2 – *консументы* (гетеротрофы), 3 – *деструкторы* (разрушители органического вещества).

Трофические связи – связи между компонентами (организмами) трофических цепей.

Трофические сети – сложные взаимодействия пищевых цепей в естественных биоценозах.

Трофические уровни – группы организмов, объединяемых типом питания (разные уровни питания в экосистеме) – автотрофные, гетеротрофные (консументы I-го порядка, II-го, III-го). Продукция организмов каждого последующего уровня, меньше продукции организмов предыдущего уровня, т.к. не вся потребляемая пища ассимилируется. Соотношения различных Т.у. графически изображают в виде экологической пирамиды.

У

Удельная продукция – отношение продукции растений или животных к их средней биомассе за определенный промежуток времени (P/V – коэффициент). Чем меньше размер организмов, тем выше скорость их роста и обмена веществ: показатели коэффициента P/V высокие у микроорганизмов и протистов и низкие у крупных животных.

Ультрафиолетовое излучение (радиация) – процесс испускания электромагнитных волн раскаленными небесными и земными телами, газовыми разрядами в диапазоне 50–400 нм. У.и. Солнца вызывают ионизацию воздуха, влияет на озоновый слой, обладает бактерицидным действием, индуцирует синтез витамина Д у теплокровных животных и человека.

Уравнение Лотка-Вольтера – дифференциальные уравнения, которые описывают изменения численности двух видов при взаимоотношениях "хищник-жертва" или "паразит-хозяин".

Урбанизация (лат. *urbs* – город) – социально–демографические процессы, которые заключаются в росте численности городского населения, количества и величины городов, историческом процессе повышения роли городов в жизни общества. У. приводит к изменениям в социальном плане, культуре, образе жизни и порождает сложные экологические проблемы – внешняя среда насыщается такими отрицательными факторами как шум, вибрация, загрязнения атмосферы и т.д.).

Урбоэкология – раздел экологии человека и градостроительной науки, изучающий взаимодействие города и его обитателей с окружающей средой. У. тесно связана с проблемой выживания человечества в условиях наступления городов на окружающую среду и ухудшения ее качества.

Уровни организации живой материи – представления о структуре живого вещества: *молекулярно-генетический* (генетические и биохимические процессы в живых системах); *субклеточный* (структура и функции компонентов клетки); *клеточный* (структура и жизнедеятельность клеток); *тканевой* (структура и функции тканей и образованных ими органов); *организменный* (особенности строения и жизнедеятельности отдельных особей); *популяционно-видовой* (взаимоотношения популяций с окружающей их средой); *биосферно-биогеоцено-тический* (формирование биогеоценозов и круговорот веществ и энергии, обусловленный жизнедеятельностью организмов).

Условия существования (условия жизни) – комплекс жизненно необходимых факторов окружающей среды, оказывающих прямое или косвенное воздействие на организмы.

Устойчивое развитие – положительная динамика взаимодействий в триаде человек – хозяйство – природа, ориентированных на удовлетворение социально-экономических потребностей человеческого общества без нанесения ущерба окружающей среде.

Устойчивость – способность организмов противостоять воздействию экстремальных факторов окружающей среды. У. вырабатывается в процессе эволюции и закрепляется генетически.

Ущерб (вред) экологический – экономические, исчисляемые в денежном выражении, потери общества, которых можно было бы избежать при оптимальном состоянии среды, без техногенных на нее воздействий.

Уязвимость ландшафта – неспособность ландшафта сохранять структурную и экологическую целостность при воздействии антропогенных факторов.

Уязвимость экосистемы – отсутствие способности экосистемы противостоять изменяющимся факторам окружающей среды в сохранении структуры и своих функциональных особенностей.

Уязвимость (особи, экосистемы) – свойство, противоположное устойчивости, выраженное в неспособности противостоять внешним воздействиям. Нарушаются функции и структура организмов, на них нападают вредители и паразиты, появляются заболевания. Из экосистемы исчезают наиболее уязвимые виды.

Ф

Фактор – движущая сила процессов или влияющее на них условие, обстоятельство.

Фактор биологический – его источник – живой организм или совокупность организмов (напр., сокращение численности жертвы как результат взаимоотношений хищника и жертвы).

Фенология (гр. *phainómena* – явление + *logos* – учение) – раздел биологии, изучающий сезонные явления в природе, причины и сроки их наступления, влияние на жизнь растений и животных. К фенологическим явлениям относятся: набухание и раскрытие почек у растений, сроки их цветения и созревания плодов; у животных – пробуждение от спячки, сезонные миграции, выход имаго из куколок у насекомых и т. д. На основании данных наблюдений составляется календарь природы.

Филогенез (гр. *phylon* – племя, раса + лат. *genesis* – развитие) – историческое развитие вида.

Фильтраторы – водные животные, которые питаются планктоном или органическими частицами, процеживая воду через сложную систему органов пищеварения. Ф. – представители морских и пресных водоемов – участвуют в процессах биологической очистки водоемов.

Фитомасса – общая масса всех растительных организмов в природном сообществе. Наибольшая Ф. содержится в водных сообществах.

Фитомелиорация – комплекс мероприятий по улучшению условий окружающей среды с помощью культивирования или поддержания естественных растительных сообществ (лесополосы, кулисные посадки, посев трав и т. д.).

Фитофаги (гр. *phyton* – растение + *phagos* – пожирать) – растительноядные гетеротрофные животные. Абсолютных Ф. среди позвоночных нет, так как они нуждаются в незаменимых аминокислотах животного происхождения.

Фитоценоз – совокупность растений на однородном участке земной поверхности. Ф. – часть биогеоценоза, открытая система с определенной структурой и видовым составом компонентов.

Фитоценология – раздел геоботаники и биогеоценологии, изучающий растительные сообщества (естественные и созданные человеком) и взаимоотношения их компонентов. Ф. разрабатывает научные основы охраны растительного мира Земли.

Флуктуация (лат. *fluctuation* – колебание) – колебания численности и продуктивности популяций в виде волнообразной кривой: плавный рост (подъем), плавный спад и снова – подъем и спад.

Фонд фаунистический – совокупность всех видов животных определенного региона.

Фонд флористический – совокупность всех видов растений определенного региона.

Форезия – разновидность комменсализма у беспозвоночных (нематоды, членистоногие): более крупный организм носит на себе организм меньших размеров, который таким образом, извлекает для себя пользу.

Формация – основная единица среднего ранга, используемая при картографировании лесной растительности. Ф. выделяют и дают ей название по доминанте – Ф. лютика едкого, Ф. ольхи черной и т.д.

Фотопериод – продолжительность светлой части суток и доля рассеянного света; длина светового дня (величина постоянная для данной местности в данный период года). Ф. – сигнал, по которому организмы регулируют свою активность.

Фотопериодизм (гр. *photos* – свет + *periodos* – круговращение) – реакция живых организмов на сезонные изменения длины светового дня (суточный ритм освещения); изменения морфологи-

ческих, биохимических и физиологических свойств и функций организмов, особенностей их поведения. Ф. – сигнал для включения физиологических процессов: рост и цветение растений, образование фитогормонов, корнеплодов, клубней, луковиц и т. д.; у животных – брачный период и размножение, плодовитость, линька, спячка, миграции, перелеты и т. д.

Фотосинтез (гр. *photos...* + *synthesis* – синтез) – образование зелеными растениями органических веществ из CO₂ и H₂O при участии зеленого пигмента хлорофилла и солнечной энергии.

Фототаксис – ответная реакция одноклеточных организмов на действие света; движение к источнику света – *положительный Ф.*, от источника света – *отрицательный Ф.*

Фототропизм (гр. *photos...* + *tropos* – поворот) – форма раздражимости; движения прикрепленных организмов (ростовые движения), изгибы в направлении источника (*положительный Ф.*) или от него (*отрицательный Ф.*).

Фототрофы (гр. *photos...* + *trophe* – питание) – автотрофные организмы, способные преобразовывать энергию света в энергию химических связей при синтезе органических веществ из неорганических.

Фотофилы (гр. *photos...* + *phileo* – любовь) – светлюбивые организмы, для жизнедеятельности которых требуется определенная степень освещенности.

Фотофобы (гр. *photos...* + *phobos* – страх, боязнь) – тенелюбивые животные. Для почвенных беспозвоночных свет – сигнал опасности, для других животных (сумеречные животные) благоприятны сумерки или ночь (ночные животные).

Фреоны – хлорфторуглероды, используемые в хозяйстве и бытовой химии; при выделении в атмосферу они разрушают озоновый слой. Под действием УФ-лучей из Ф. выделяется хлор, вступающий в реакцию с озоном с образованием атомарного кислорода.

Х

Хемосинтез (позднегр. *Chēméia* – химия + *synthesis* – соединение) – синтез органических веществ некоторыми видами бактерий с использованием энергии, получаемой при окислении неор-

ганических соединений. Хемосинтезирующие бактерии участвуют в биогеохимических круговоротах веществ в биосфере. Открыт С. Н. Вернадским в 1887 г.

Хемотаксис – ответная двигательная реакция одноклеточных организмов на действие химических факторов окружающей среды.

Хемотропизм (позднегр. *chēméia*... + *tropos* – поворот) – одна из форм раздражимости прикрепленных организмов; ростовые движения растений в направлении действия химических факторов окружающей среды.

Хемотрофы – хемосинтезирующие бактерии, которые в качестве источника энергии используют реакции окисления минеральных соединений. Основная среда обитания хемотрофов – почва, реже – пресные и соленые водоемы.

Хищничество – форма биотических межвидовых взаимоотношений, когда организм одного вида (хищник) использует в пищу организм другого вида (жертва), предварительно убив его. Х. наиболее развито в мире животных, встречается и в мире растений (росянка, пузырчатка и т. д.).

Хозяин – организм, используемый паразитом в качестве места обитания, источника пищи и часто получающий от него вред.

Холоднокровные животные – см. **Пойкилотермные животные**.

Хоминг, инстинкт дома (англ. *homing*, от *home* – возвращаться домой) – способность животных со значительных расстояний возвращаться на свое место обитания, в гнездо, в логово (инстинкт дома). В основе Х. лежит "привязанность" особи к определенному участку местности, где животное родилось (*филопатрия*) или где оно впервые размножилось. Х. наиболее выражен у проходных рыб (лососевые) и у перелетных птиц. Х. характерен для оседлых и домашних животных (напр., у кошек, собак).

Хортобионты – организмы, обитающие в травяном покрове (напр., саранча, кузнечики и т. д.).

Ц

"Цветение" воды – окрашивание воды в водоеме в результате массового развития не-

которых представителей фитопланктона, которое вызвано увеличением концентрации солей азота, фосфора, калия.

Ценобиоз – сосуществование организмов в сообществах.

Ценобионт – особь, входящая в состав фито- или зооценоза.

Ценоз – экологическая группа, исторически сложившееся сообщество организмов разных видов (напр., фитоценоз, зооценоз и т.д.), которое вместе с компонентами неживой природы составляет экосистему. Ц. характеризуется пространственной (особенности расселения организмов), видовой (видовой состав и их количественные соотношения) и экологической структурой.

Ценокинез – совокупность процессов, определяющих существование, развитие, продуктивность, устойчивость и динамику биоценозов в зависимости от ритмов их сезонного развития. Ц. включает процессы поглощения солнечной энергии, создание первичной продукции, ее использование и трансформацию консументами, а также работу редуцентов.

Ценопопуляция – мелкая однородная группировка (популяция) в пределах биоценоза как устойчивой ценоэкосистемы.

Цикломорфоз (гр. *kyklós* – круг + *morphe* – форма) – морфологические и функциональные различия особей одного вида, но разных поколений, вызванные изменением условий окружающей среды. Ц. обычно имеет сезонный характер (напр., у коловраток, ракообразных и т. д.).

Ч

Часы биологические – способность животных и человека ориентироваться во времени. Их основа – строгая периодичность процессов жизнедеятельности, вызванная циклическими (суточными, сезонными и др.) изменениями геофизических факторов.

"Человек и биосфера" – долгосрочная международная программа научных исследований, цель которой – подробное изучение структуры, функционирования биосферы и отдельных ее районов, а также систематическое наблюдение за изменениями биосферы при антропогенном воздействии на нее и прогнозирование этих изменений. Программа была принята ЮНЕСКО в 1970 г.

Чередование поколений – смена в жизненном цикле некоторых организмов (напр., у споровых растений, кишечнополостных) бесполого и полового поколений.

Численность – определяется числом особей на единицу площади или объема. На Ч. влияет ряд факторов: плотность, рождаемость, смертность, характер распределения особей в пространстве, биотические взаимоотношения, ряд факторов окружающей среды. Ч. вида или его экологически и географически обособленных групп не может расти до бесконечности. При насыщении им среды обитания дальнейшее увеличение численности становится невозможным.

Ш

Шкала экологическая – шкала оценки экологического значения, определенного средообразующего компонента или явления в экосистеме для отдельного организма, вида или их совокупности (напр., шкала обилия, шкала размещения и т. д.).

Шум – одна из форм физического (волнового) загрязнения окружающей среды, к которому не происходит адаптация. Ш. представляет собой беспорядочные колебания различной физической природы, которые являются стрессовым фактором, снижающим слух до полной глухоты.

Э

Эволюция биосферы – процесс непрерывного и взаимосвязанного изменения живого вещества, биотических сообществ и биосферы как оболочки Земли, преобразуемой этим веществом.

Эврибионты (гр. *eurýs* – широкий + *bios* – жизнь) – экологически выносливые, пластичные организмы, приспособленные к широкому спектру условий окружающей среды (например, наземные животные континентального климата, обитатели литорали и т.д.).

Эврифагия (гр. *eurýs...* + *phagos* – пожирать) – крайняя степень полифагии; приспособление организмов к разнообразной растительной и животной пище (например, бурый медведь, серая крыса, тараканы и т. д.).

Эвтрофикация – накопление в водоеме биогенных элементов (азота и фосфора), что приводит к повышению первичной продуктивности и изменению состава экосистем водоема.

Эвтрофы – растения, обитающие на богатых питательными веществами почвах (например, черемуха, крапива и др.).

Эдификаторы (лат. *aedificator* – строитель) – виды растений, характеризующиеся средообразующей способностью, преобладающие в фитоценозах и определяющие их основные свойства (напр., ковыль, осоки, дуб и т. д.).

Эдафические факторы (гр. *edaphos* – почва) – почвенные факторы, оказывающие влияние на жизнь и распространение растений.

Экобиоморфа, син. **жизненная форма** (гр. *oikos* – дом, жилище + *bios* – жизнь + *morphe* – форма) – тип морфологических адаптаций и физиологических особенностей растений, обитающих в сходных условиях среды.

Экологическая валентность (лат. *valentia* – сила) – степень адаптации вида к изменяющимся условиям окружающей среды. Для большинства видов Э.в. – величина постоянная (в отношении одного или комплекса факторов).

Экологическая ниша – область, место в пространстве с комплексом факторов окружающей среды, необходимых для неограниченно длительного существования вида. Э.н. включает и взаимодействия видов в сообществе. Э.н. *фундаментальная* – условия, в которых вид может существовать. Э.н. *реализованная* – условия, в которых вид реально существует в сообществе. Каждый вид имеет свою Э.н. Термин "Э.н." введен в науку Дж. Гриннеллом (1917) для характеристики пространственного распределения видов. Современная концепция Э.н. сформировалась на основе модели Э.н., предложенной Дж. Хатчинсоном (1957, 1965).

Экологические группы – группы животных, выделяемые по их приспособленности к определенному месту обитания и условиям существования (напр., млекопитающие наземные и подземные, суши и водоемов и т. д.).

Экологические двойники, син. **экологические эквиваленты** – виды, занимающие сходные экологические ниши в сообществах одного типа (напр., гигантский броненосец и панголин).

Экологический фактор – любой элемент окружающей среды, способный оказывать влияние на любую стадию индивидуального развития организмов, на которые они отвечают приспособительными реакциями.

Экология (гр. *óikos*... + *logos* – наука) – биологическая наука, изучающая закономерности взаимоотношений организмов, как между собой, так и со средой, в которой они обитают. Термин "Э." ввел немецкий зоолог Э. Геккель, который в своих трудах "Всеобщая морфология организмов" (1866) и "Естественная история миротворения" (1868) впервые дал определение сущности новой науки. Основным *содержанием* современной Э. служит исследование взаимоотношений организмов друг с другом и со средой на популяционно-биоценотическом уровне и изучение жизни биологических макросистем, их продуктивности и энергетики. *Предметом* исследования общей Э. являются биологические макросистемы (популяции, биоценозы, экосистемы), их динамика во времени и пространстве. Основные *задачи* в области Э. многогранны. Существует ряд разделов частной Э.: популяционная, социальная, медицинская и т. д.

Экология глобальная – раздел экологии, включающий данные гигиены, токсикологии, экологии человека и изучающий влияние окружающей среды на здоровье человека.

Экология популяционная – раздел экологии, изучающий структуру популяций, динамику их численности, распределение особей в пространстве.

Экология прикладная – раздел экологии, разрабатывающий нормы использования природных ресурсов, среды жизни и формы управления экосистемами без нанесения экологического вреда окружающей среде.

Экология социальная – раздел экологии, изучающий взаимоотношения в системе "общество–природа", разрабатывающий основы рационального природопользования, что предполагает охрану природы и проектирование на этой основе природно-культурной среды.

Экология человека – раздел экологии, изучающий закономерности возникновения и развития антропоэкологических систем, взаимоотношений человека со средой обитания, влияние

окружающей среды на человека и антропосистем – на окружающую среду.

Экология эволюционная – раздел экологии, изучающий экологические аспекты эволюции.

Экология экосистемная (экология сообществ) – раздел экологии, изучающий видовой состав сообществ, их пространственную структуру и изменение сообществ во времени и пространстве.

Экополитика – *глобальная Э.* разрабатывает международно-правовые, политические и внешнеэкономические акты с учетом экологических ограничений, имеющихся в мире запасов природных ресурсов и распределения их между странами. *Государственная Э.* – социально-экономическая политика, основанная на оценке преимуществ и недостатков, связанных с экологическим состоянием территории и акватории данной страны и имеющихся в ее пределах природных ресурсов.

Экосистема (гр. *oikos...* + *systema* – объединение) – биологическая система, представляющая исторически сложившийся природный или природно-антропогенный комплекс живых организмов и среды их обитания, связанных между собой обменом информации, веществ и энергии (открытая система). Э. – основная функциональная единица биосферы. Термин "Э." введен в экологию французским экологом А. Тенсли в 1935 г.

Экосфера – "биотоп биосферы". Э. включает тропосферу, гидросферу, верхние слои литосферы, свойства которых обусловлены остальными сферами планеты, в т. ч. и ее ядро, воздействием Солнца и др. климатическими факторами.

Экотип – совокупность особей какого-либо вида растений, адаптированных к условиям места обитания и обладающих обусловленными экологически наследуемыми признаками. Выделяют климатипы (влияние климатических факторов), эдафотипы (зависимость от почвенных факторов) ценотипы (влияние разных мест обитания) и т. д.

Экотон – пространственно-ограниченное сообщество, образующее переход между двумя другими четко различающимися сообществами. Четкие границы Э. можно наблюдать при резком изменении физической среды: между наземными и водными сообществами, при доминировании в среде данного сообщества како-

го-либо одного вида или жизненной формы (между лугом и кустарниковой растительностью).

Экотоп – местообитание сообщества. Э. близок к понятию "биотоп", но подчеркивает внешние по отношению к сообществу факторы.

Экоцид – умышленное, массовое уничтожение растительного или животного мира, либо отравление атмосферы, способных вызвать экологическую катастрофу (ст. 17 УК РБ).

Экспертиза экологическая – анализ и оценка воздействий комплекса различных хозяйственных мероприятий на среду жизни организмов. природные ресурсы и здоровье людей в пределах определенного региона.

Эксплуатация природных ресурсов – один из элементов природопользования; использование природных благ в целях экономического развития общества. Расширение и усложнение методов Э.п.р. идет параллельно развитию человечества.

Экстремальные условия (лат. *extremus* – крайний) – условия, граничащие с возможностью их перенесения организмами.

Эктосимбиоз – сожительство организмов разных видов, когда один обитает на поверхности тела другого (например, актиния и рак-отшельник).

Элиминация (лат. *elimino* – удаление) – уничтожение (гибель) особей в процессе борьбы за существование, под действием абиотических и биотических факторов внешней среды.

Эмиграция (лат. *emigrare* – переселение, выселение) – вынужденное массовое выселение животных с занимаемой территории.

Эндемик (гр. *éndēmos* – местный) – растения или животные, встречающиеся только в определенной местности (океанические острова, изолированные водоемы), имеющие узкий ареал: *палеоЭ.* – исчезающий (напр., секвойя), *неоЭ.* – вновь возникающий.

Эпибиоз (гр. *epi* – на, над + *bios* – жизнь) – способность организмов одного вида поселяться на поверхности тела организмов другого вида (напр., сидячие инфузории).

Эпифиты (гр. *epi...* + *phyton* – растение) – разновидность комменсализма, при котором растения одного вида (не имеющие корней в почве) поселяются на ветвях и стволах растений другого вида, не причиняя им вреда, при этом питательные вещества они

получают из окружающей среды. Э – лишайники, мхи, в тропиках – лианы, орхидеи.

Эрозия (гр. *erosion* – разъедаю) – разрушение горных пород, почв, любых поверхностей с нарушением их целостности и изменением физико–химических свойств. Э. бывают: *физическая, химическая, биологическая* (Э. подвергаются некоторые органы человека: напр., кишечник человека). Причины (факторы) Э.: геологические, зоогенные (пастбищные), антропогенные.

Эрозия почв – процесс разрушения верхних, наиболее плодородных слоев почвы и подстилающих пород талыми и дождевыми водами (Э. *водная*) или ветром (Э. *ветровая, дефляция, выдувание*). Естественная Э.п. – очень медленный процесс – смыл 20 см почвы поверхностными водами происходит примерно за 174 тыс. лет.

Эталоны природы – участок территории (акватории), отражающий естественное, доантропогенное состояние, сложившиеся в ходе исторического взаимодействия окружающей среды и общества. В связи с глобальным воздействием человечества на окружающую среду ныне практически не сохранились изначально естественные Э.п., но существуют очень близкие к ним – Антарктида, тропические леса, девственная тайга.

Этология (гр. *ethos* – характер, нрав + *logos* – наука) – раздел зоологии, изучающий биологические основы поведения животных в естественной среде обитания. Становление Э. связано с работами К. Лоренца и Н. Тинбергена. Э. тесно связана с такими разделами биологической науки как экология, физиология, популяционная генетика и генетика поведения.

Эффект группы – влияние группы (популяции) и числа особей в ней на жизнедеятельность особей. Э. группы повышает плодовитость особей, регулирует их численность и продолжительность жизни, оптимизирует физиологические процессы. Э. группы у беспозвоночных и некоторых позвоночных животных приводит к ускоренному росту организмов, у позвоночных – поддерживает плотность популяции, необходимую для сохранения вида (волчьих стаи, прайды львов). Э. группы отрицательно сказывается на животных, ведущих одиночный образ жизни.

Эффект краевой – выражается в тенденции к увеличению видового разнообразия в экотоне.

Эффект парниковый (тепличный) – явление постепенного потепления климата планеты в результате накопления в атмосфере углекислого газа, метана, фтор- и хлоруглеродов, которые, пропуская солнечные лучи, препятствуют прохождению тепла с поверхности Земли.

Эффективность ассимиляции – характеризует ту часть пищи, которая усваивается организмом и идет на его рост или для совершения работы. Э.а. низкая у фитофагов, детритофагов и потребителей микроорганизмов – 20–50%, у хищников она достигает 80%.

Эффективность экологическая – отношение количества биомассы, съеданной хищником, к количеству корма, потребляемого жертвой.

Я

Ярус – разновысотные уровни (вертикальные слои), к которым приурочены различные части растений.

Ярусность – разделение растительного сообщества (наземной экосистемы) на горизонты, слои (ярусы) по функциональным признакам, выполняющие различную роль в ассимиляции и накоплении вещества и энергии в биоценозе. Я. связана со средой обитания видов (воздушная, водная, почвенная).

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Раздел I. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ	5
Занятие 1 <i>Тема:</i> Экология как наука и учебная дисциплина.....	5
Занятие 2 <i>Тема:</i> Основные отрицательные тенденции современного экологического кризиса.....	22
Раздел II. АУТЭКОЛОГИЯ	
Занятие 3 <i>Тема:</i> Факторы среды и экологическая пластичность.....	
Занятие 4 <i>Тема:</i> Экологические особенности сред жизни живых организмов.....	59
Занятие 5 <i>Тема:</i> Адаптации организмов к абиотическим факторам, правила и механизмы.....	74
Занятие 6 <i>Тема:</i> Жизненные формы растений и животных.....	85
Раздел III. ДЕМЭКОЛОГИЯ	99
Занятие 7-8 <i>Тема:</i> Учение о популяции	99
Раздел IV. СИНЭКОЛОГИЯ	121
Занятие 9-10 <i>Тема:</i> Общая характеристика биоценоза.....	121
Раздел V. ЭКОСИСТЕМНАЯ ЭКОЛОГИЯ	148
Занятие 11-12 <i>Тема:</i> Экосистемная экология.....	148
Раздел VI. БИОСФЕРОЛОГИЯ	176
Занятие 13-14 <i>Тема:</i> Биосферология.....	176
Занятие 15-16 <i>Тема:</i> Охрана природы. Эколоγο-правовая ответственность.....	197
Краткий словарь терминов	222