

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**С. К. Заостровцева**

## **ЭКОЛОГИЯ ОРГАНИЗМОВ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
Экология и природопользование

Калининград  
2023

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и  
аквакультуры ФБОУ ВО «КГТУ» Е.А. Масюткина.

**Заостровцева, С. К.** Экология организмов: учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / **С. К. Заостровцева.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 37 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ «Экология организмов» представлены план лабораторных работ, задания для выполнения на каждой лабораторной работе.

Список лит. – 9 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «23» октября 2023 г., протокол № 18

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Лабораторная работа 1 .....	5
Лабораторная работа 2 .....	18
Лабораторная работа 3 .....	22
Лабораторная работа 4 .....	24
Лабораторная работа 5 .....	27
Лабораторная работа 6 .....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	43
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	44

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Экология организмов».

Дисциплина «Экология организмов» входит в Профессиональный модуль части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы бакалавриата по направлению 05.03.06 Экология и природопользование.

Целью освоения дисциплины «Экология организмов» является формирование знаний, умений, навыков по изучению экологии организмов.

Задачи изучения дисциплины:

- получить ясное представление об особенностях экологии крупных систематических групп организмов и вызываемых ими процессах в биосфере;
- усвоить основные закономерности механизмов адаптаций микроорганизмов, растений и животных к действию факторов окружающей среды;
- научиться понимать взаимосвязь различных групп живых организмов, обитающих в разных средах биосферы, их роль в формировании параметров водной, воздушной и почвенной сред;
- познакомиться с методическими основами анализа состояния биоценозов для оценки уровней антропогенного воздействия на природные экосистемы.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

базовые (общепрофессиональные) представления о теоретических основах общей экологии;

**уметь:**

применять экологические методы исследований, используемые при изучении сообществ живых организмов при решении типовых профессиональных задач;

**владеть:**

основными методами, применяемыми в популяционной экологии животных, методами экологии микроорганизмов и растений.

При изучении дисциплины используются компетенции, базовые знания, умения и навыки, полученные в процессе освоения следующих дисциплин образовательной программы бакалавриата: «Биология», «Общая экология», «Геохимия окружающей среды» и т.д.

Студенты, приступающие к изучению данной дисциплины, для успешного ее освоения должны иметь представления о функционировании и равновесии экосистем, знать особенности влияния различных экологических факторов на живые организмы.

## Лабораторная работа 1

### Классификации жизненных форм культурных растений

**Цель занятия:** изучить жизненные формы культурных растений.

**Материалы:** виды дикорастущих и культурных растений (гербарий);  
 Определитель – Маевский, П.Ф. Флора средней полосы европейской части России / П.Ф. Маевский. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 600с.; Чубарьян, А.О. Атлас растений / А.О. Чубарьян. – Москва: ОЛМА, 2007. – 623 с.

**Задание 1.** Пользуясь классификацией К. Раункиера, заполнить таблицу (15 видов культурных растений, включая декоративные)

Таблица 1

Классификация К. Раункиера

Название растения	Фанерофиты	Хамефиты		Гемикриптофиты		
		пассивные	активные	Раст. без розеток	Раст. полурозеточные	Раст. розеточные
1	2	3	4	5	6	7

Название растения	Криптофиты			Терофиты
	геофиты	гидрофиты	гелофиты	
1	2	3	4	5

**Задание 2.** Пользуясь классификациями К. Раункиера, И.Г. Серебрякова, Б.А. Быкова заполнить таблицу (15 видов культурных растений, включая декоративные).

Таблица 2

Классификации К. Раункиера, И.Г. Серебрякова, Б.А. Быкова

Название растения	Классификация по К. Раункиеру	Классификация по И.Г. Серебрякову	Классификация по Б.А. Быкову
1	2	3	4

**Задание 3.** Проанализируйте таблицу и составьте иерархический ряд по каждой жизненной форме (%) с учетом географической приуроченности.

Таблица 3

Соотношение жизненных форм в некоторых зонах в % (по К. Раункиеру)

Зоны	Число исследованных видов	Фанерофиты	Хамефиты	Гемикриптофиты	Криптофиты	Терофиты
Тропическая (Сейшельские острова)	258	61	6	12	5	16
Пустынь (Ливийская пустыня)	194	12	21	20	5	42

Средиземноморская (Италия)	866	12	6	29	11	42
Умеренная (Дания)	1084	7	3	50	22	18
Арктическая (Шпицберген)	110	1	22	60	15	2

## Теоретическая часть:

### Классификация К. Раункиера (рис. 1)

I. Фанерофиты (Ph). Это деревья или кустарники и наиболее высокие кустарнички. Побеги их не отмирают на неблагоприятное время года; почки возобновления, находясь над землей, меньше всего приспособлены к переживанию неблагоприятного времени года, по высоте фанерофиты обычно делят на мегафанерофиты – выше 30 м, мезофанерофиты – 8-30 м, микрофанерофиты – 2 м и нанофанерофиты – ниже 2 м (И.Т. Серебряков, 1962).

У фанерофитов умеренных широт почки покрыты чешуями, защищающими нежные внутренние части почки от высыхания и холода. Фанерофиты тропиков не имеют почечных чешуй. Среди них есть листопадные и вечнозеленые формы, эпифиты и т. д. Фанерофиты свойственны теплым и умеренным поясам земли; в высоких широтах они представлены незначительным количеством видов,

II. Хамефиты (Ch). К ним относятся низкорослые кустарнички, полукустарнички и травянистые растения. Побеги хамефитов на неблагоприятный период года не отмирают, или отмирают только их верхние части. Побеги либо лежачие, либо слишком низкорослые, вследствие этого их конусы нарастания прикрыты остатками отмерших частей растений, скученными побегами, как у растений-подушек, а зимой - снегом, поэтому хамефиты лучше приспособлены к перезимовке, чем фанерофиты. Хамефиты подразделяют на следующие четыре подтипа:

1. Полукустарники. К концу вегетационного периода у них отмирают верхние части стеблей, неблагоприятный период переносят лишь нижние части побегов. Сюда относятся представители семейств губоцветных, гвоздичных, бобовых и др., а также некоторые хамефиты с поднимающимися вверх побегами ограниченного роста, но не отмирающими в своей верхней части.

2. Пассивные хамефиты. Имеют не особенно прочные стебли вследствие недостаточного развития механической ткани, поэтому не могут стоять прямо и в силу собственной тяжести падают и укореняются, но верхние части их побегов приподняты. К пассивным хамефитам относятся виды очитка (*Sedum*), крупки (*Draba*), камнеломки (*Saxifraga*), звездчатка ланцетовидная (*Stellaria holostea* L.) и др. Пассивные хамефиты свойственны главным образом горным странам.

3. Активные хамефиты. Их вегетативные побеги растут косо вверх, стебли невысокие, лишь немного возвышающиеся над поверхностью земли.

К этому подтипу относятся барвинок малый (*Vinca minor* L.), вероника лекарственная (*Veronica officinalis* L.), линнея северная (*Linnea borealis* L.) и др.

4. Растения-подушки. Их побеги, как и побеги пассивных хамефитов, имеют мало механической ткани, но они так тесно скучены, что поддерживают друг друга и создают плотную подушку. Скученность побегов защищает конусы нарастания от неблагоприятных условий среды. Эта группа растений еще более характерна для альпийских высокогорий, чем группа пассивных хамефитов.

III. Гемикриптофиты (Hk). У этой группы растений на неблагоприятный период года надземные части растения отмирают почти до основания, и конусы нарастания находятся на уровне поверхности почвы. Они прикрыты подстилкой, а зимой – снегом, вследствие этого гемикриптофиты хорошо переносят очень суровые зимы. К этой жизненной форме относятся многие травянистые растения умеренных широт, прежде всего большинство луговых злаков и другие луговые растения. Гемикриптофиты обычно подразделяют на три подтипа:

1. Растения без розеток – их надземные стебли на неблагоприятный период года отмирают полностью. Почки возобновления находятся у основания стебля, как у кипрея горного (*Epilobium montanum* L.), норичника шишковатого (*Scrophularia nodosa* L.), у видов зверобоя (*Hypericum*) и др., или почки расположены на концах боковых побегов, как у крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), чистеца лесного (*Stachys sylvatica* L.) и др., а у таких растений, как сочевичник весенний (*Orobus vernus* L.), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.) и др., почки прикрыты тонким слоем почвы.

2. Растения полурозеточные. Самые крупные листья находятся на сильно укороченных нижних междоузлиях. Некоторые нижние листья даже зимуют на не отмершей части стебля. Зимующие почки находятся между листьями, образующими розетку, как у лютика едкого (*Ranunculus acris* L.), гравилата городского (*Geum urbanum* L.), колокольчика круглолистного (*Campanula rotundifolia* L.) и др., располагаются они и на концах надземных побегов, как у живучки ползучей (*Ajuga reptans* L.), лютика ползучего (*Ranunculus repens* L.) и др., или на подземных боковых побегах, как у сныти (*Aegopodium podagraria* L.).

3. Растения розеточные. Летняя форма этих растений слабо отличается от зимней. У таких розеточных растений, как подорожник большой (*Plantago major* L.) и одуванчик (*Taraxacum officinale* Wigg.), большая часть листьев перезимовывает.

IV. Крптофиты (Cr). У растений этой жизненной формы надземные органы на неблагоприятный период года отмирают, и почки возобновления расположены на подземных органах, находящихся в почве на некоторой глубине (геофиты) или в воде (гидрофиты, гелофиты). Геофиты переносят неблагоприятное время года в виде: 1) корневищ (ветреницы – *Anemone*, купены – *Polygonatum*, ландыш майский и др.); 2) луковиц (виды родов *Allium*, *Tulipa*, *Gagea* и др.); 3) стеблевых клубней (цикламен – *Cyclamen*, картофель – *Solanum tuberosum* L., хохлатка полая – *Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Korte. и

др.); 4) корневых клубней (многие орхидные, таволга шестилепестная – *Filipendula hexapetala* Gilib., пион тонколистный – *Paeonia tenuifolia* L. и др.).

В подземных органах перечисленных растений накапливается много запасных питательных веществ, к началу вегетационного периода их почки полностью формируются, быстро трогаются в рост, и растения рано зацветают и плодоносят.

Большая часть геофитов произрастает в степях и по сухим, хорошо освещенным склонам, там, где имеется не только холодный зимний, но и сухой летний периоды. Многие из этих растений произрастают в лиственных лесах. Обычно они зацветают до появления листьев древесных растений. К подтипу гидрофитов Раункиер относит растения, живущие в воде. Их конусы нарастания переживают неблагоприятный период года на дне сравнительно мелких водоемов или во взвешенном состоянии в воде. К ним относятся кубышка (*Nuphar*), кувшинка (*Nymphaea*), виды рдестов (*Potamogeton*) и другие водные растения.

Гелофиты включают виды, растущие на почве, до предела насыщенной водой, или произрастают в воде, но надземные части их возвышаются над водой. Это частуха (*Alisma*), аир (*Acorus calamus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), рогоз (*Typha*) и др.

V. Терофиты (Th). У растений этой группы на неблагоприятное время года отмирают не только надземные, но и подземные органы, остаются только семена, которым не вредят ни холод, ни засуха. Однако семена содержат незначительный запас питательных веществ, и молодые растения сами должны добывать их из почвы, чтобы за короткий весенний период пройти полный цикл развития от семени до семени. Эта возможность имеется лишь тогда, когда весна теплая и влажная. Терофиты свойственны пустыням, полупустыням и степям.

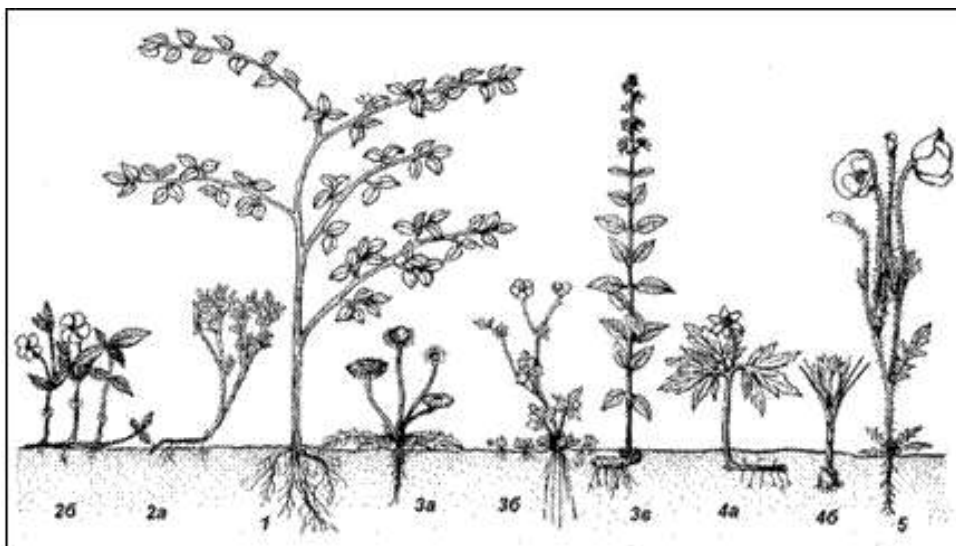


Рисунок 1 – Схема жизненных форм Раункиера: 1 – фанерофит, 2а-2б – хамефит, 3а-3в – гемикриптофит, 4а-4б – криптофит, 5 – терофит.



## Биоморфологический спектр

Из перечисленных пяти основных жизненных форм наиболее примитивной, родоначальной формой следует считать ту, которая господствовала на Земле в период, когда климатические пояса и зоны еще не были выражены. В это время климат Земли, видимо, очень мало отличался от климата современных влажных тропических лесов и, следовательно, первичной формой следует считать фанерофитов с незащищенными почками, ныне господствующих в этих лесах. Постепенно условия существования растений на земном шаре стали дифференцироваться по количеству влаги, по продолжительности сухого и влажного периодов, по температурному режиму.

В разных географических условиях фанерофиты вырабатывали неодинаковые приспособления к неблагоприятному периоду. Многие из них выработали приспособления, защищающие листья в почках. В более суровых условиях ряд фанерофитов утратил вечнозеленость, и листья растений этой группы стали опадать на сухой или на холодный период года. В пределах группы фанерофитов возникли нанофанерофиты, затем низкорослые хамефиты и, наконец, гемикриптофиты, сохраняющие на неблагоприятный период лишь нижние части побегов, защищенные почвой или опавшими листьями. Возникновению групп геофитов и терофитов способствовали условия жарких сухих стран, где растения за короткий период с благоприятными условиями успевают принести плоды. Терофиты распространились здесь в связи со слабой сомкнутостью растительного покрова

Процентное соотношение видов, обладающих разными жизненными формами на исследуемой территории, называется биоморфологическим спектром. Он служит своего рода индикатором условий окружающей среды и климата. В разных частях и странах земного шара спектры сильно различаются (табл. 4).

Таблица 4

### Биоморфологический спектр

Район	Количество видов	Ph	Ch	Hk	Cr	Th
Сейшельские о-ва (влажн. тропики)	258	61	6	12	5	16
Аргентина (сух. субтропики)	866	12	6	29	11	42
Дания (холодный умеренный пояс)	1084	7	3	50	22	18
Баффинова земля (арктический пояс)	129	1	30	51	16	2
Спектр всего мира	-	47	9	27	4	12

Как следует из таблицы, во влажных тропиках большинство видов относится к фанерофитам (и эпифитам), в сухом и жарком климате субтропиков – к терофитам, в холодном климате умеренного пояса – к гемикриптофитам, а в Арктике – к хамефитам. Но, несмотря на то, что отчетливо выражено соответствие типов жизненных форм географическим районам, они слишком обширны и неоднородны даже с учетом выделения в них подразделов.

В классификационных построениях российской геоботаники наиболее популярно экологическое направление. Оно базируется на учете жизненных форм (экобиоморф) растений, доминирующих в тех или иных структурных частях фитоценозов.

### Классификация И.Г. Серебрякова (рис. 2)

Сложный порядок соподчиненных классификационных признаков в середине XX века был предложен И.Г. Серебряковым (1962, 1964).

Все многообразие растений сведено в 4 отдела и 8 типов жизненных форм, а каждый тип, в свою очередь подразделяется на формы.

Таблица 5

Жизненные формы растений (по И.Г.Серебрякову)

Отделы	Типы
А. Древесные растения	I – деревья, II – кустарники, III – кустарнички
Б. Полудревесные растения	IV – полукустарники и полукустарнички
В. Наземные травы	V – поликарпические травы, VI – монокарпические травы
Г. Водные травы	VII – земноводные травы (болотные, или гелофиты – почки возобновления под водой, побеги – над водой), VIII – плавающие и подводные травы (гедатофиты и гидрофиты)

**Деревья** с прямостоячими стволами – жизненная форма распространена очень широко и является показателем оптимальных условий местообитания. С ухудшением условий сменяется другими формами. Стланцы (кедровый стланик, ольховый стланик, сосна горная) растут в районах, мало благоприятных для произрастания деревьев – на Крайнем Севере, в предгорьях горного пояса, на побережье Охотского моря, т.е. в районах с прохладным сырым летом, длинной зимой, обильными снегопадами, сильными ветрами.

Деревья бывают первой (выше 25 м), второй (высота 10-25 м), и третьей (до 10 м) величины. Принимать во внимание высоту деревьев особенно актуально в сложных широколиственных лесах Приморского края, состоящих из нескольких древесно-кустарниковых ярусов.

**Кустарники** – имеют множество одревесневших побегов, по высоте делятся на высокие (выше 2,5 м), средние (1-1,25 м), низкие (до 1,0 м).

**Кустарнички** – это те же кустарники, но никогда не превышающие 0,5 м. Обычно высота их составляет 10-30 см. Кустарнички доминируют в тундровых экосистемах, в напочвенном покрове северотаежных лесов, в горно-альпийском поясе (брусника, черника, голубика, подбел, низкие рододендроны, багульники и др.).

**Полукустарники и полукустарнички** – промежуточная форма между древесными растениями и травами. По облику сходны с травами, но в особо благоприятные годы стебли у них не отмирают, а продолжают на следующий год расти. Для них характерно сильное обмерзание побеговых систем. Типичный полукустарник – полынь Гмелина.

**Травы** – самый распространенный тип жизненной формы.

**Поликарпические травы** – их большинство, плодоносят многократно. Они сильно различаются по строению корневых систем, отражающих их приспособленность к разным почвенным условиям. По этому признаку выделяют стержнекорневые (мятлики), длинностержневые (люцерна, шалфей), короткостержневые (сон-трава, крестовник), кистекарпические (калужница болотная, лютики), короткокорневищные (купена, ветрочник), длиннокорневищные (аспарагус), дерновинные (плотнокустовые, рыхлокустовые), столонообразующие (майник двулистный, земляника, сердечник белоцветковый, пырей), ползучие (вероника лекарственная, клевер белый, василисники), клубнеобразующие (аризема амурская, василисник клубненосный, звездчаточка лесная), луковичные (луки, хохлатки расставленная, сомнительная, Буша).

**Монокарпические травы** плодоносят всего один раз в жизни. Широко распространены в засушливых районах северного полушария. Все однолетники и двулетники (капуста, редисы, свекла, укроп, тмин, из дикой флоры: хохлатка бледная, пастушья сумка, чистотел, череда, борщевик, дудники даурский и амурский, донтестемон зубчатый и др.), есть и многолетники. Однолетники делятся на длительно вегетирующие (марьянник розовый, мак альпийский, офелия, пастушья сумка, кошачья лапка, патриния скабиозолистная) и эфемеры (вероника весенняя, горечавка Цолингера), лиановидные (горец вьюнковый), полупаразитные (очанка) и паразитные (вертляница одноцветковая, повилика, пучкоцвет трубкоцветковый).

**Подушковидные формы** – среди многолетних травянистых и древесных растений в особенно суровых условиях произрастания. Сугубо экологическая адаптация к холоду и засухе (камнеломки, вересковые, ива чукотская, дриады, рододендрон мелкоцветковый и др.)

Среди трав принято выделять группы, которые различаются физиономически, поскольку они играют разную экологическую роль.

Крупнотравье и папоротники – растут в наиболее влажных, но с плодородными, хорошо дренированными почвами, в большинстве своем теневыносливы. Высота от 1,0 до 2,0 м и более. Для растений типичны крупные, сложные листья, у цветковых видов развиты мощные стебли. Наиболее теплолюбивы в сравнении с другими видами. Характерны для широколиственных и хвойно-широколиственных, особенно пойменных, лесов.

Особенно обильны виды этой группы в приокеанической полосе: В Южном Приморье, на юге Камчатке, на островах Японского моря.

Лесные виды: дудники, акониты, пионы, крапива, лабазник, клопогоны, стеблелист, недотрога обыкновенная, волжанка азиатская, чемерицы, чина Давида из папоротников – щитовники, корноптерис, кочедыжники, осмунд или чистоуст, и др. Луговые виды: купальница китайская, водосбор, ирисы, василисник вонючий, бузульник Фишера, соссюреи, подмаренник настоящий и др.

Разнотравье экологически сходно с первой группой, но более холодоустойчиво, с продвижением на север сменяет первую группу. По строению растений не отличается от крупнотравья, только уступает в размерах – не превышает 0,5 м, обычно 30-40 см.

Типичное разнотравье: подлесник красноцветковый, купена обертковая, звездчатка Бунге, марьянник розовый, чина низкая, молочай Комарова, вика однопарная, глухая крапива, диспорум зеленеющий, смилацина китайская.

Низкотравье – самые мелкие растения – до 20 см высотой, чаще 10-15 см. Самые теневыносливые, характеризуются высокой вегетативной подвижностью. Даже в глубокой тени могут образовывать группировки: тригонотис корейский, кислица обыкновенная, звездчаточка лесная, майники, седмичник, хохлатки, ветреницы, шлемник уссурийский. Многие виды разнотравья сугубо бореальные виды и растут в северных лесах, но и на севере предпочитают более теплые экотопы с влажными плодородными почвами: седмичник европейский, майник двулистный, ветреница худосочная, грушанки мясокрасная и малая.

Злаки и осоки резко отличаются от типичных трав простыми линейными, преимущественно узкими листьями. В условиях достаточной освещенности сильно задерняют почвы. Некоторые виды выступают доминантами напочвенного покрова в разреженных лесах, в данной группе имеются как ярко выраженные ксерофиты (осока низкая, овсяница овечья, мятлики), так и мезогигрофиты (камыш, осока мочажинная, тонконог, осока кривоносая).

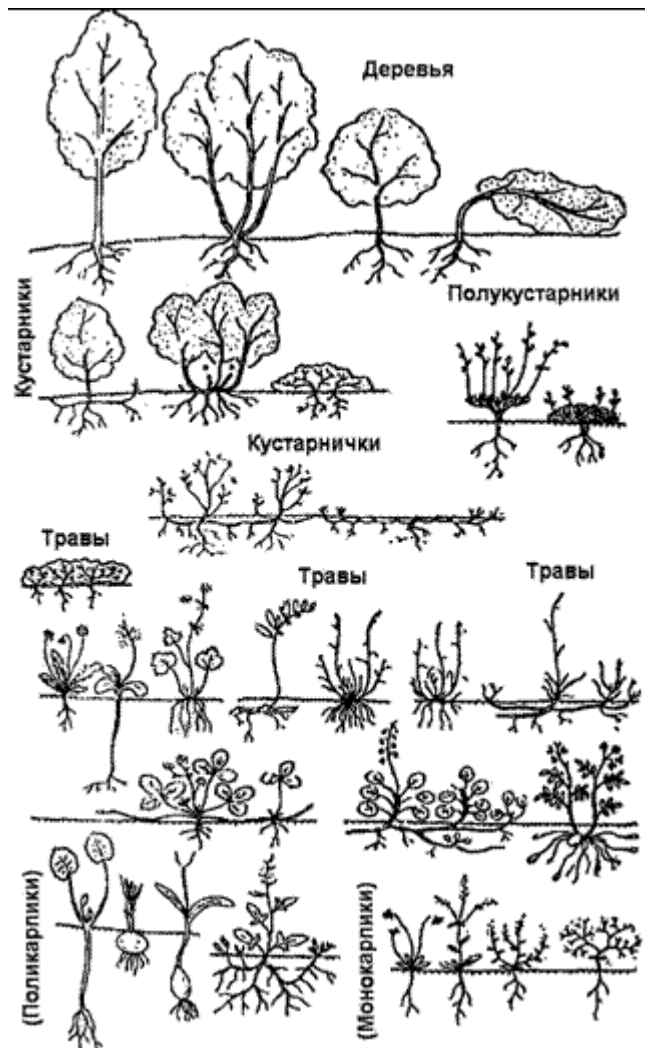


Рисунок 2 – Схема жизненных форм покрытосеменных растений (по И.Г. Серебрякову)

### Классификация экобиоморф (Быков, 1970):

#### I. Отдел лишайниковых экобиоморф:

Лишайники пластинчатые мезофильные (*Peltigera canina*);

» » ксеромезофильные (*P. rufescens*);

Лишайники накипные ксеромезофильные (*Peltigera murale*);

Лишайники кустистые мезофильные (*Usnea barbata*);

» » ксеромезофильные (*Cladonia sylvatica*);

#### II. Отдел моховых экобиоморф:

Мхи пластинчатые гидрофильные (*Ricciocarpus natans*);

» » гидрофильные (*Marschandia polymorpha*);

Мхи листостебельные гидрофильные (*Fontinalis hypnoides*);

» » гидрофильные (*Sphagnum medium*);

» » мезофильные (*Hylocomium proliferum*);

» » ксеромезофильные (*Tortula desertorum*);

#### III. Отдел папоротникообразных экобиоморф:

1. Папоротники древовидные мезофильные (*Osmunda regalis*);
- Папоротники травянистые гигрофильные (*Thelypteris palustris*);
- » » гигромезофильные (*Matteucia filicastrum*);
- » » мезофильные (*Polypodium vulgare*);
- » » ксеромезофильные (*Woodsia ilvensis*);
2. Полушники гидрофильные (*Isoetes lacustris*);
3. Плауны мезофильные (*Lycopodium anceps*);
- Плаунки мелкодерновинные мезофильные (*Selaginella sibirica*);
4. Хвощи гигрофильные (*Equisetum fluviatile*);
- » » мезофильные (*E. hiemale*);
- » » мезоксерофильные (*E. ramosissimum*);
- Папоротники однолетние гидрофильные (*Salvinia natans*);
- » » мезофильные (*Anogramma leptophylla*);
- IV. Отдел голосеменных экобиоморф:
1. Деревья вечнозеленые мезофильные (*Abies sibirica*);
- Деревья вечнозеленые мезоксерофильные (*Juniperus seravschanica*);
- » » ксерофильные (*J. semiglobosa*);
- Деревья летне-зеленые мезофильные (*Larix sibirica*);
2. Кустарники стелющиеся мезофильные (*Microbiota decussata*);
- Кустарники безлистные ксеромезофильные (*Ephedra equestina*);
- » » псаммомезоксерофильные (*E. lomatolepis*);
- » » ксерофильные (*E. distachya*);
- Кустарники безлистные лазающие мезоксерофильные (*E. kokanica*);
- V. Отдел однодольных автотрофных экобиоморф:
1. Кустарники вечнозеленые мезофильные (*Ruscus pontica*);
2. Траво-кустарники мезофильные (*Sasa kurilensis*);
3. Травы поликарпические;
- Травы корневищные гидрофильные (*Vallisneria spiralis*);
- » » гигрофильные (*Potamogeton natans, Typha latifolia*);
- » » гигромезофильные (*Festuca gigantea*);
- » » мезофильные (*Polygonatum roseum*);
- » » галомезофильные (*Elymus multicaulis*);
- » » псаммомезофильные (*Leymus arenarius*);
- » » псаммомезоксерофильные (*L. racemosus*);
- » » ксеромезофильные (*Elytrigia trichophora*);
- Травы стелющиеся гигрофильные (*Agrostis stolonizans*);
- » » мезофильные (*Cynodon dactylon*);
- » » галомезофильные (*Aeluropus littoralis*);
- Травы дерновинные гигрофильные (*Carex caespitosa*);

- » » гигромезофильные (*Molinia courulea*);
- » » мезофильные (*Erianthus ravennae*);
- » » галомезофильные (*Puccinellia distans*);
- Травы дерновинные психромезофильные (*Nardus stricta*);
- » » мезоксерофильные (*Stipa rubens*);
- » » психроксерофильные (*Kobresia capillifolia*);
- » » псаммомезоксерофильные (*Arthratherum pennatum*);
- » » ксерофильные (*Stipa lessingianna*);
- Травы корневищно-луковичные гигромезофильные (*Allium angulosum*);
- » » мезофильные (*Hemerocallis dumortieri*);
- » » мезоксерофильные (*Allium atroviolaceum*);
- » » галомезоксерофильные (*A. polyrrhizum*);
- Травы луковичные мезофильные (*Allium ursinum*);
- » » псаммомезоксерофильные (*A. schubertii*);
- Травы клубнелуковичные мезофильные (*Iridodictyum kolpakowskianum*);
- Травы стеблелуковичные мезоксерофильные (*Hordeum bulbosum*);
- Травы клубневые мезофильные (*Arum korolkowii*);
- Травы кистеклубнекорневые мезофильные (*Eremurus robustus*);
- » » мезоксерофильные (*E. tianschanicus*);
- » » псаммоксеромезофильные (*E. anisopteris*);
- Травы кистекорневые мезофильные (*Asphodeline taurica*);
- 4. Травы монокарпические:
- Травы плавающие гидрофильные (*Lemna minor*);
- Травы обычные гигромезофильные (*Echinochloa crus galli*);
- » » мезофильные (*Phalaris minor*);
- » » псаммомезофильные (*Eragrostis minor*);
- » » ксеромезофильные (*Eremopyrum orientale*);
- Травы, стелющиеся гигромезофильные (*Alopecurus aequalis*).
- 5. Лианы кустарниковые мезофильные (*Smilax excelsa*);
- » » травянистые мезофильные (*Dioscorea nipponica*).
- VI. Отдел однодольных гетеротрофных экобиоморф:
- Травы сапротрофные мезофильные (*Corallorhiza trifida*);
- VII. Отдел двудольных автотрофных экобиоморф:
- 1а. Деревья вечнозеленые мезофильные (*Buxus sempervirens*);
- » » ксеромезофильные (*Laurus nobilis*);
- 1б. Деревья летне-зеленые;
- Деревья одноствольные мезогигрофильные (*Alnus glutinosa*);
- » » мезофильные (*Quercus robur*);
- » » ксеромезофильные (*Ulmus laevis*);

- » » псаммомезоксерофильные (*Ammodendron conollyi*);
- » » галоксеромезофильные (*Populus pruinosa*);
- » » мезоксерофильные (*Armeniaca vulgaris*);
- » » ксерофильные (*Pyrus regelii*);
- Деревья многоствольные мезофильные (*Betula tortuosa*);
- » » ксерофильные (*Pistacia vera*);
- 2а. Кустарники и кустарнички вечнозеленые и зимне-зеленые;
- Кустарники гигромезофильные (*Rhododendron ponticum*);
- » » мезофильные (*Rh. caucasicum, Euonymus semenovii*);
- » » психромезофильные (*Rhododendron aureum*);
- Кустарнички гигромезофильные (*Empetrum nigrum*);
- » » мезофильные (*Rhodococcus vitisidaee*);
- Кустарнички психромезофильные (*Dryas punctata*);
- Кустарнички стелющиеся гигромезофильные (*Oxycoccus microcarpus*);
- 2б. Кустарники и кустарнички летне-зеленые;
- » » ерикоидные мезогигрофильные (*Myrica gale*);
- » » мезофильные (*Vaccinium uliginosum*);
- » » психромезофильные (*Rhododendron kamtschaticum*);
- Кустарники обычные гигромезофильные (*Hippophae rhamnoides*);
- Кустарники обычные мезофильные (*Berberis heteropoda*);
- » » психромезофильные (*Betula rotundifolia*);
- » » галомезофильные (*Halimodendron halodendron*);
- » » мезоксерофильные (*Spiraea hiperisifolia*);
- » » псаммомезоксерофильные (*Dendrostellera arenaria*);
- » » галомезоксерофильные (*Tamarix ramosissima*);
- » » ксерофильные (*Amygdalus spinosissima*);
- Кустарники, стелющиеся мезофильные (*Dushekia sinuata* subsp. *ramtschatica*);
- » » психромезофильные (*Salix herbacea*);
- Кустарнички подушковидные мезоксерофильные (*Arenaria griffithii*);
- » » ксерофильные (*Onobrychis echidna*);
- 3. Полукустарники, реже полудеревья;
- Полукустарники обычные гигромезофильные (*Comarum palustre*);
- » » мезофильные (*Rubus idaeus*);
- » » мезоксерофильные (*Artemisia santolinifolia*);
- » » псаммоксерофильные (*Ceratoides papposa*);
- » » галомезоксерофильные (*Limonium suffruticosum*);
- » » ксерофильные (*Artemisia turanica*);
- Полукустарники стелющиеся мезофильные (*Thymus serpyllum*);



Полукустарники безлистные псаммомезофильные

(*Calligonum eriopodum*);

» » галоксерофильные (*Haloxyylon aphyllum*);

» » стелющиеся ксерофильные (*Calligonum junceum*);

Полукустарники суккулентные галомезоксерофильные

(*Suaeda physophora*);

Полукустарники суккулентные галоксерофильные (*Salsola arbuscula*);

» » ксерофильные (*Salsola rigida*);

4. Полутравы;

Полутравы обычные ксеромезофильные (*Rheum tataricum*);

» » мезоксерофильные (*Cousinia egregia*);

» » ксерофильные (*Psoralea drupacea*);

Полутравы стелющиеся ксерофильные (*Capparis spinosa*);

Полутравы суккулентные (*Anabasis eriopoda*);

5. Травы поликарпические;

Травы стержне- и мочковатокорневые гидрофильные

(*Ceratophyllum demersum*);

» » гидрофильные (*Oenanthe aquatica*);

» » мезофильные (*Lappa tomentosa*);

» » галомезофильные (*Limonium gmelini*);

» » ксеромезофильные (*Phlomis salicifolia*);

Травы корневищные гидрофильные (*Nymphaea alba*);

» » гидрофильные (*Filipendula ulmaria*);

» » гигромезофильные (*Tussilago farfara*);

» » мезофильные (*Cicerbita azurea*);

» » психромезофильные (*Lagotis korolkowii*);

» » галомезофильные (*Tournefortia sibirica*);

Травы дерновинные ксеромезофильные (*Veronica spicata*);

Травы подушковидные психромезофильные

(*Thylacospermum caespitosum*);

» » мезоксерофильные (*Gypsophila aretioides*);

» » псаммомезоксерофильные (*Astragalus ammodytes*);

» » ксерофильные (*Oxytropis immerse*);

Травы стелющиеся мезофильные (*Malva neglecta*);

Травы клубневые мезофильные (*Leontice altaica*);

» » ксеромезофильные (*L. incerta*);

Травы клубневые психромезофильные (*Polygonum viviparum*);

Травы корнеклубневые мезофильные (*Paeonia tenuifolia*);

Травы суккулентные мезоксерофильные (*Orostachys spinosa*);

6. Травы монокарпические;

Травы многолетние мезоксерофильные (*Ferula assafoetida*);

Травы одно-двулетние гидрофильные (*Euriale ferox*);

» » гигромезофильные (*Impatiens nolitangere*);

» » сциомезофильные (*I. parviflora*);

» » мезофильные (*Cannabis ruderalis*);

» » мезоксерофильные (*Ceratocarpus arenarius*);

» » стелющиеся мезофильные (*Tribulus terrestris*);

Травы суккулентные галомезогигрофильные (*Salicornia europaea*);

7. Лианы;

Лианы кустарниковые мезофильные (*Clematis orientalis*);

Лианы полукустарниковые мезофильные (*Solanum dulcomara*);

Лианы травянистые поликарпические мезофильные (*Calystegia sepium*);

» » монокарпические мезофильные (*Polygonum convolvulus*);

VIII. Отдел двудольных гетеротрофных экобиоморф:

1. Кустарнички гемигетеротрофные (*Viscum abietis*);

2. Травы гемигетеротрофные (*Melampyrum cristatum*);

3. Травы гемигетеротрофные гидрофильные (*Urticularia minor*);

» » гигрофильные (*Drosera rotundifolia*);

4. Травы гетеротрофные поликарпические (*Cinorium coccineum*);

» » монокарпические (*Cuscuta europaea*);

5. Травы сапротрофные монокарпические (*Hypopitys monotropa*).

Только II, III, IV, V и VII отделы этой классификации (высшие растения) включают около 160 экобиоморф (около 15 тыс. автотрофных видов).

## Лабораторная работа 2

### Классификации жизненных форм животных

**Цель занятия:** изучить жизненные формы животных.

**Материалы:** Жизнь животных: Млекопитающие или звери / под ред. Н.А. Гладкова. – М., Просвещение, 1971. – 694 с.; Музей кафедры ихтиологии и экологии.

**Задание 1.** Пользуясь классификацией Д. Н. Кашкарова, заполнить таблицу (15 видов наземных животных):

Таблица 1

## Жизненные формы животных (по Д.Н. Кашкарову)

Вид	Жизненная форма
1	2

**Задание 2.** Пользуясь классификацией Г. В. Никольского, заполнить таблицу (15 видов рыб):

Таблица 2

## Жизненные формы рыб (по Г.В. Никольскому)

Вид	Жизненная форма
1	2

**Теоретическая часть:**

Жизненные формы возникают как конвергентное сходство по многим признакам, составляющим в сумме общий габитус организмов, их внешний облик.

Классификации жизненных форм животных весьма разнообразны и зависят от принципов, которые кладут в их основу. На морфологии млекопитающих, по-видимому, в наибольшей степени сказывается характер их передвижения в разных средах. А. Н. Формозов выделил на этом основании **среди зверей** следующие адаптивные типы:

- 1) **наземные формы;**
- 2) **подземные** (землерои);
- 3) **древесные;**
- 4) **воздушные** и
- 5) **водные.**

Между типами есть переходы.

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, прыгунчики, кенгуровые крысы – отличаются компактным телом с удлинненными 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. Он служит также дополнительной точкой опоры. Сходный тип передвижения и внешний облик имели и некоторые вымершие динозавры мезозоя. Естественно, что, кроме общих адаптивных признаков, каждый вид отличается деталями внешнего строения в зависимости от экологической специфики.

Жизненные формы отчетливо выделяются в пределах любой крупной таксономической группы животных, характеризующейся экологическим разнообразием видов.

Во внешнем облике птиц в наибольшей мере проявляется приуроченность их к определенным типам местообитаний и характер передвижения при добывании пищи. В связи с этим различают **птиц**:

- 1) *древесной растительности*;
- 2) *открытых пространств суши*;
- 3) *болот и отмелей*;
- 4) *водных пространств*.

В каждой из указанных групп выделяют специфические формы:

а) добывающие пищу посредством лазания (многие голуби, попугаи, кукушки, дятловые, воробьиные);

б) добывающие пищу в полете (в лесах – совы, козодои и др., на открытых пространствах – ржанковые, длиннокрылые, над водой – трубконосые и т. п.);

в) кормящиеся при передвижении по земле (лесные – большинство куриных, казуары, киви и др.; на открытых пространствах – страусы, нанду, журавлиные; на болотах и отмелях – голенастые, фламинго, некоторые воробьиные);

г) добывающие пищу с помощью плавания и ныряния (пингвины, гагары, поганки, ряд трубконосых, большинство веслоногих и гусиных и др.).

Сходные жизненные формы встречаются в сходных условиях жизни в разных зоогеографических областях и на разных материках (например, тушканчики Евразии, кенгуровые крысы Австралии, прыгунчики Африки). Жизненная форма наглядно свидетельствует об образе жизни вида.

Отчетливо выделяются жизненные формы в пределах любой крупной таксономической группы животных, характеризующиеся экологическим разнообразием видов. Во внешнем облике птиц в значительной мере проявляется приуроченность их к определенным типам местообитаний и характер передвижения при добывании пищи. Птиц в связи с этим различают: 1) *древесной растительности*, 2) *открытых пространств суши*, 3) *болот и отмелей*, 4) *водных пространств*. В каждой из данных групп выделяют специфические формы: а) добывающие пищу с помощью лазания (многие голуби, попугаи, дятловые, воробьиные и др.); б) добывающие пищу в полете (на открытых пространствах — ржанковые, длиннокрылые, в лесах — совы, козодои и др., над водой — трубконосые и т. п.); в) кормящиеся при передвижении по земле (на открытых пространствах — журавлиные, страусы, нанду, лесные — большинство куриных, казуары, киви и др., на болотах и отмелях — некоторые воробьиные, голенастые, фламинго); г) добывающие пищу с помощью плавания и ныряния (гагары, большинство веслоногих и гусиных, ряд трубконосых, пингвины и т. д.).

Форма тела рыб, например, связана с тем, каким способом и с какой скоростью они передвигаются в воде – более плотной и вязкой среде, чем воздух. Торпедовидный тип тела имеют самые хорошие пловцы пелагиали (скуприя, кефаль, лососи и др.). Виды со стреловидной, более вытянутой формой также приближаются к ним по скорости плавания в толще воды (сарган, щука). Сплющенное с боков тело – у рыб с меньшей скоростью, но

такая форма позволяет хорошо маневрировать. Рыбы со змеевидным телом (угри, морские иглы и др.) обитают в зарослях. Морские коньки и тряпичники имитируют водоросли по форме. Лентовидное тело – сильно вытянутое и сплющенное с боков – у плоских пловцов (сельдяной король и т. п.). Рыбы, плавающие в придонных слоях, могут быть также шаровидными (кузовки), сплюснутыми дорзовентрально (скаты, морской черт). Движение рыб обеспечивается либо изгибанием всего тела, либо, при неподвижном теле, колебательными движениями разных плавников.

Таблица 3

Основные группы жизненных форм животных  
(по Д. Н. Кашкарову, 1945)

<b>I</b>	<b><i>Плавающие формы</i></b>
1.	Чисто водные:
	а) нектон, б) планктон, в) бентос
2.	Полуводные:
	ныряющие, б) ныряющие, в) лишь добывающие из воды пищу
<b>II</b>	<b><i>Роющие формы</i></b>
1.	Абсолютные землерои (всю жизнь проводящие под землей)
2.	Относительные землерои (выходящие на поверхность)
<b>III</b>	<b><i>Наземные формы</i></b>
1.	Не делающие нор:
	а) бегающие, б) прыгающие, в) ползающие
2.	Делающие норы:
	а) бегающие, б) прыгающие, в) ползающие
3.	Животные скал
<b>IV</b>	<b><i>Древесные лазающие формы</i></b>
	а) не сходящие с деревьев, б) лишь лазающие по деревьям
<b>V.</b>	<b><i>Воздушные формы</i></b>
	а) добывающие пищу в воздухе, б) высматривающие пищу с воздуха.

У рыб различают следующие типы форм тела (по Г. В. Никольскому, 1974):

- 1 — стреловидный (сарган);
- 2 — торпедовидный (скумбрия);

- 3 — сплюснутый с боков (лещ);
- 4 — тип луны-рыбы;
- 5 — тип камбалы;
- 6 — змеевидный (угорь);
- 7 — лентовидный (сельдяной король);
- 8 — плоский (скат);
- 9 — шаровидный (кузовок) (рис.)

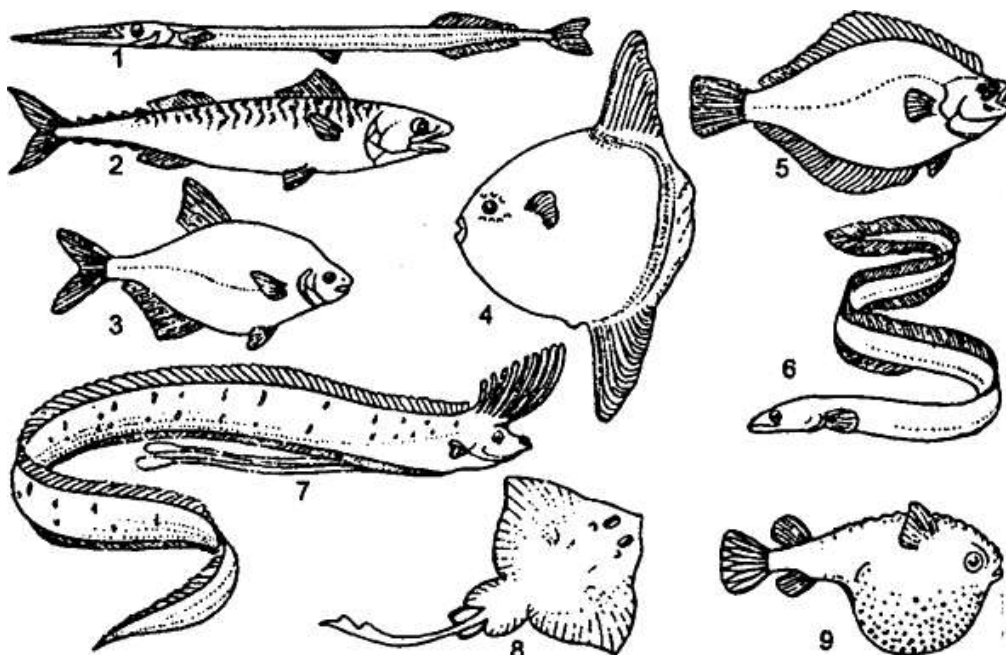


Рисунок – Типы форм тела рыб (по Г. В. Никольскому, 1974)

### Лабораторная работа 3

#### Действие температурного фактора на живые организмы

**Цель занятия:** изучить действие температурного фактора на живые организмы, решить задачи.

**Температура воздуха** оказывает большое влияние на самочувствие человека и производительность труда. Наиболее благоприятной температурой воздуха в жилых помещениях является  $18-20^{\circ}\text{C}$  при нормальной влажности и скорости движения воздуха. Температура воздуха выше  $24-25^{\circ}\text{C}$  и ниже  $15^{\circ}\text{C}$  считается неблагоприятной. При выполнении физической работы или при изменении влажности и скорости движения воздуха оптимальные температуры будут другими.

Для измерения температуры воздуха применяют ртутные, спиртовые и электрические термометры.

Ртутные термометры позволяют измерять температуру воздуха в пределах от  $-35$  до  $357^{\circ}\text{C}$ . Спиртовые термометры для измерения высоких температур непригодны (спирт закипает при  $78,3^{\circ}\text{C}$ ), но позволяют измерять

низкие температуры (до  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), так как при нагревании до температуры выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  спирт расширяется неравномерно.

Таким образом, температура окружающей среды относится к группе ведущих абиотических факторов, определяющих жизнеспособность видов, сроки развития отдельных стадий развития и количество генераций. Один из наиболее часто используемых в экологии температурных показателей является сумма эффективных температур, т.е. та тепловая энергия, которая может быть усвоена организмом и использована им на обеспечение своей жизнедеятельности. Знание данного показателя может позволить правильно определить сроки борьбы с вредящими сельскому и лесному хозяйству видами насекомых, проведения других работ службой защиты растений.

Эффективной температурой считается температура, лежащая выше нижнего порога развития (температура замерзания воды ( $0^{\circ}\text{C}$ )) и не выходящая за пределы верхнего (температура свертывания белка ( $45\text{-}60^{\circ}\text{C}$ )).

Сумма эффективных температур или термальная константа (С) рассчитывается следующим образом:

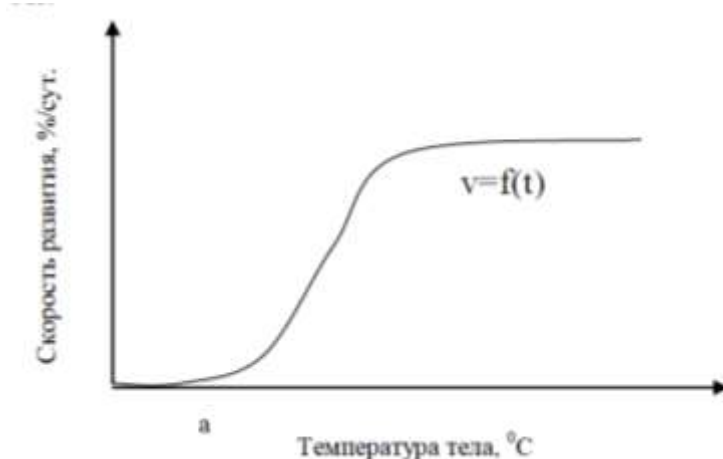
$$C = (T-t) \cdot n,$$

где  $T$  – наблюдаемая температура окружающей среды;

$t$  – температурный порог развития;

$n$  – количество времени, необходимое для прохождения всего процесса.

Зависимость скорости развития от температуры описывается S-образной кривой:



Точка  $a$ , в которой кривая  $v=f(t)$  пересекает шкалу температур (т.е. ось ОХ), называется порогом развития - биологический нуль. При температуре ниже данной развитие не происходит.

**Задача 1.** Рассчитать возможность появления второго поколения шведских мух – вредителей зерновых культур, при определенном температурном режиме, если для развития 1 генерации требуется  $740^{\circ}\text{C}$  и температурный порог развития составляет  $+8^{\circ}\text{C}$  (табл. 1).

## Среднемесячная температура в Республике Татарстан в 2007 г.

Месяцы	Число дней	Среднемесячная температура (°C)
Май	31	10.2
Июнь	30	14.2
Июль	31	17.8
Август	31	13.6
Сентябрь	30	9.9

**Задача 2.** Рассчитать температурную константу развития дрозифилы средиземноморской и отдельные ее составляющие, если:

а)  $T = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $t = 15^{\circ}\text{C}$ ;  $n = 20$  дней.

Какова  $C$ ?

б)  $T = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $C =$  рассчитанной константе;  $t = 15^{\circ}\text{C}$ .

Какова продолжительность развития?

в)  $T = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $C =$  рассчитанной константе;  $n_1 = 30$  дней,  $n_2 = 15$  дней.

Каков температурный порог развития?

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте влияние температуры на живые организмы.
2. Определение суммы эффективных температур. Для каких целей используется эффективная температура.

### Лабораторная работа 4

#### Совместное действие температуры и влажности на живые организмы

**Цель занятия:** изучить совместное действие температуры и влажности на живые организмы, решить задачи.

Из курса дисциплины «Общая экология» вспоминаем следующие правила, принципы и понятия:

*правило минимума (Ю. Либиха)* - главным ограничителем жизнедеятельности организма является наиболее дефицитный ресурс;

*правило оптимума (В. Шелфорда)* - для жизнедеятельности организма одинаково неблагоприятны как недостаточная, так и избыточная доза экологического фактора;

*понятие толерантности* - диапазон переносимых организмом значений определенного фактора (от предельно низкого до предельно высокого) есть его зона толерантности (выносливости) в отношении данного экологического параметра;



*понятие экологической ниши (Дж. Хатчинсона)* - экологическая ниша вида отражает зоны толерантности по всему комплексу экологических факторов (условий и ресурсов), к которым организм адаптирован в условиях данной экосистемы.

**Задача 1.** На расположенном ниже рисунке 1 в координатном пространстве двух осей (ось X – температура в диапазоне от 0 до 40°C, ось Y – влажность в диапазоне от 20 до 100%) построены округлые или овальные фигуры, являющиеся графическими моделями экологических ниш четырех видов (1, 2, 3 и 4).

Ответьте на вопросы:

- 1) Какие виды не могут обитать на одной территории и почему?
- 2) Какой фактор в большей степени лимитирует распространение вида 3 – температура или влажность?
- 3) Какой из видов будет лучше других переносить диапазон условий, обозначенный на рисунке 1 белым квадратом?
- 4) Какие виды являются эвритермными, а какие – stenотермными?

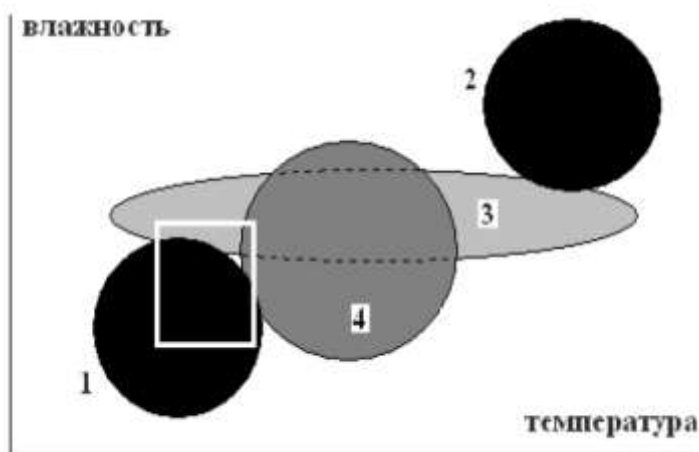


Рисунок 1 – Экологические ниши видов

**Задача 2.** Вредитель пищевых запасов – мучной клещик – может приносить колоссальный ущерб на зернохранилищах, приводя зерно в состояние полной непригодности для производства муки. Оптимальной для жизнедеятельности клещика является температура +20- 22°C, а температура ниже +5-7°C и выше +45°C для него губительна. При влажности зерна 10-12% он погибает от повышенной сухости, а при влажности зерна 70 % и выше – из-за развития плесневых грибов. Оптимум влажности воздуха составляет 50-60 %.

В координатном пространстве основных микроклиматических параметров (ось X – влажность, ось Y – температура) изобразите двумерную экологическую нишу клещика.

Предложите безопасный способ защиты зерна от этих вредителей пищевых запасов без использования пестицидов.

**Задача 3.** Внимательно рассмотрите расположенный ниже график зависимости выживаемости куколок яблоневой плодовой жорки от двух факторов – температуры и влажности (рис. 2) и ответьте на вопросы:

1) Какой из факторов для выживаемости куколок яблоневой плодовой жорки является лимитирующим (ограничивающим) при их сочетаниях, соответствующих точкам 1, 2 и 3?

2) Какой диапазон температуры и влажности являются для вида оптимальными?

3) Охарактеризуйте пределы выносливости вида по температуре и влажности.

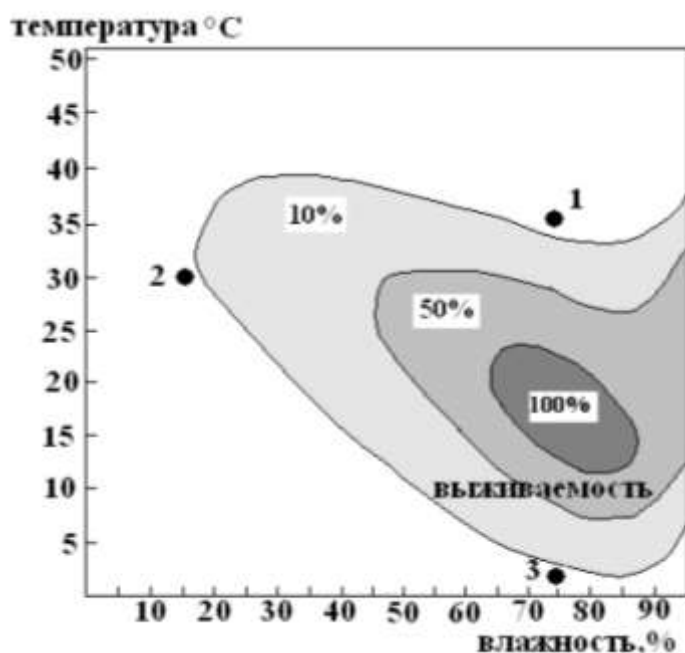


Рисунок 2 – Зависимость выживаемости куколок яблоневой плодовой жорки от температуры и влажности

### **Пример решения задачи**

**Задача.** Бабочка яблоневая плодовая жорка – опасный вредитель садов. Используя данные по выживаемости ее куколок при различных значениях температуры и влажности воздуха, полученные в лабораторных условиях, постройте в координатном пространстве (ось X – температура, ось Y – влажность) фигуры, отражающие пределы выносливости и оптимальные значения этих двух климатических параметров для куколок плодовой жорки.

*Исходные данные для построения графика.*

Гибель куколок плодовой жорки наблюдается в 100 % случаев при следующих соотношениях температуры и влажности:

Температура, °C	+10	+4	+15	+28	+36	+37
Влажность, %	100	80	40	15	55	100

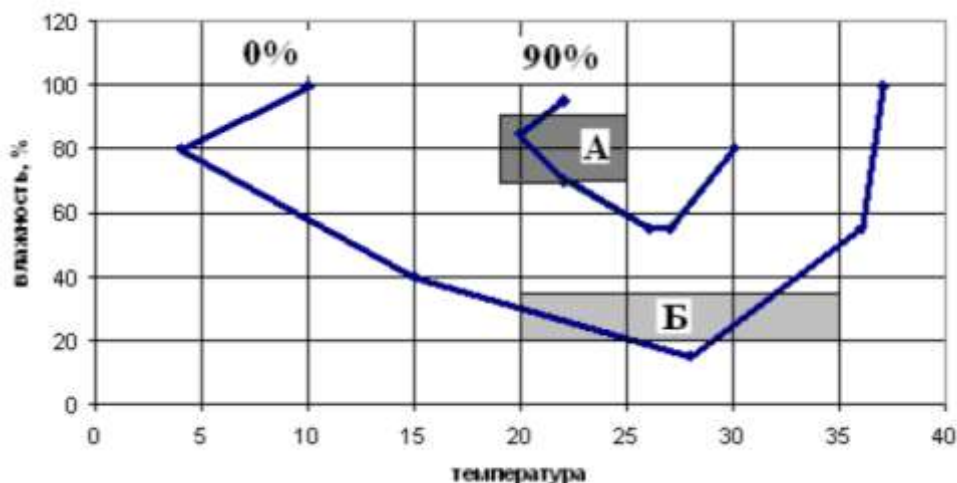
Минимальная смертность (менее 10% численности) наблюдается при следующих соотношениях температуры и влажности:

Температура, °C	+20	+22	+27	+26	+22	+30
Влажность, %	85	95	55	55	70	80

Ответьте на вопрос: насколько велика опасность вспышки численности яблоневой плодожорки в районе, где летние температуры составляют 18-25°, а влажность воздуха - 70-90 %? а в районах с температурой 20-35° и влажностью 20-35 %?

*Решение:*

1. Построим диаграммы в соответствии с указаниями и условиями задачи:



2. Отметим две климатические зоны, в которых требуется определить вероятность возникновения вспышки численности яблоневой плодожорки – А и Б.

3. Проанализировав расположение этих зон в пространстве двумерной экологической ниши яблоневой плодожорки, делаем вывод, что в зоне Б выживаемость куколок крайне мала, что делает вероятность вспышки численности низкой. А вот в зоне А выживаемость куколок весьма высока и вспышки численности более чем вероятны.

Ответ: опасность вспышки численности яблоневой плодожорки в районе, где летние температуры составляют 18-25°, а влажность воздуха – 70-90 %, весьма велика.

### Лабораторная работа 5

#### Экологические группы культурных растений по отношению к тепловому и водному режиму

**Цель занятия:** изучить экологические группы растений по отношению к тепловому и водному режиму

**Материалы:** виды дикорастущих и культурных растений (гербарий); Определитель – Маевский, П.Ф. Флора средней полосы европейской части России / П.Ф. Маевский. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 600с.; Чубарьян, А.О. Атлас растений / А.О. Чубарьян. – Москва: ОЛМА, 2007. – 623 с.

**Задание 1.** Распределите растения (не менее 15 растений) по экологическим группам (ведущий фактор – тепло). Заполните таблицу.

Таблица 1

## Экологические группы растений (по отношению к температуре)

Название растения	Гекистотермы, или холодолюбые	Микротермы	Мезотермы	Ксерофилы	Гидромегатермы
-------------------	-------------------------------	------------	-----------	-----------	----------------

**Задание 2.** Распределите растения (не менее 15 растений) по экологическим группам (ведущий фактор – влага). Заполните таблицу.

Таблица 2

## Экологические группы растений (по отношению к влажности)

Название растения	Гигрофиты	Гидрофиты	Мезофиты	Ксерофиты
-------------------	-----------	-----------	----------	-----------

**Задание 3.** Заполните таблицу (не менее 15 растений), используя классификацию ксерофитов сухих местообитаний, акцентируйте внимание на особенностях анатомо-морфологической структуры (Генкель, 1965).

Таблица 3

## Классификация ксерофитов сухих местообитаний

Названия растений	Суккуленты	Эуксерофиты	Гемиксерофиты	Пойкилоксерофиты	Стипаксерофиты
-------------------	------------	-------------	---------------	------------------	----------------

**Вопросы для самоконтроля**

1. Какие признаки анатомо-морфологической структуры позволяют отличить световые гигрофиты от теневых?
2. Охарактеризуйте адаптации гидрофитов к условиям водной среды. Чем отличаются гидрофиты от гигрофитов?
3. Растения каких местообитаний имеют типичную ксероморфную структуру, и с чем это связано?
4. Какая экологическая группа наиболее перспективна для культивирования и почему?
5. Приведите экологическую классификацию мезофитов по А.П. Шенникову.
6. Чем эфемероиды отличаются от эфемеров? Приведите примеры тех и других.

### Теоретическая часть:

Тепло и влага – ведущие факторы, определяющие распределение почв и растительности по зонам, но в зависимости от географического положения местности, рельефа, погодных условий и т.д. из этих двух факторов в определенных зонах ведущими могут быть то тепло (в странах с холодным климатом), то влага (в жарких и сухих местностях). В соответствии с этим выделяется ряд экологических групп:

1. Гекистотермы, или холодолюбые, – арктические и высокогорные растения, нуждающиеся для прохождения полного цикла в незначительно количестве тепла.

2. Микротермы – растения умеренно холодных областей, развивающиеся при сравнительно малом, но большем чем у гекистотермы количестве тепла и равномерном и умеренном количестве осадков.

3. Мезотермы – растения умеренно теплых областей с теплым летом и сравнительно теплой зимой, с оптимальным количеством осадков.

4. Ксерофилы – растения теплого и сухого климата.

5. Гидромегатермы – растения экваториальной и тропической зон, которым для прохождения полного цикла развития требуется много тепла и влаги.

В дальнейшем А.Н. Бекетов дал более развернутую классификацию экологических групп растений. По его мнению, мегатермы, мезотермы, микротермы и гекистотермы могут быть и гидрофилами и ксерофилами. Помимо этого, среди ксерофилов имеется два типа: настоящие ксерофилы, выдерживающие засуху в течение всего года, например, ксерофилы африканской Сахары и пустынь Центральной Азии, и растения, выдерживающие засуху в продолжение одного или двух времен года. Последних он назвал гемиксерофилами.

Не все растения одинаково стойко переносят засуху. Одни совсем не переносят ее или переносят плохо, другие достаточно засухоустойчивы, третьи занимают промежуточное положение. Исходя из этого, Е. Варминг разделил растения по отношению к влаге на три экологические группы: гигрофиты, ксерофиты и мезофиты.

Гигрофиты. К этой группе относятся растения влажных местообитаний: болот, берегов рек и озер, сырых и влажных лугов и лесов. Гигрофиты не выносят водного дефицита и не приспособлены к ограничению расхода воды. Наиболее типичные гигрофиты – травянистые растения и эпифиты влажных тропических лесов. Воздух в таких лесах насыщен до предела водяными парами, вследствие чего у тропических гигрофитов отсутствует устойчивая регуляция транспирации: устьица всегда открыты, интенсивность транспирации почти равна физическому испарению, излишняя вода удаляется через особые образования – гидатоды. Листья гигрофитов этого типа крупные, но пластинки, особенно у нижних листьев, тонкие, нежные, состоящие из одного – нескольких слоев клеток, они не выносят даже небольшого снижения влажности воздуха. Это теневые гигрофиты. Примером могут служить папоротники рода *Hymenophyllum*.

Помимо теневых гигрофитов во влажных тропиках встречаются и световые гигрофиты, растущие на открытых местах. Воздух над ними достаточно влажен, но с некоторыми колебаниями и несколько суше, чем воздух под пологом влажных тропических лесов. К световым тропическим гигрофитам относятся рис, широко культивируемый на заливных полях, болотные пальмы, папирус и другие растения. В наших широтах к теневым гигрофитам относятся растения сырых тенистых лесов: тонколистные папоротники, двулепестник альпийский (*Circaea alpina* L.), чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere* L.), кислица (*Oxalis acetosella* L.) и др. После вырубки лесов и снижения влажности воздуха и почвы эти растения исчезают. Световые гигрофиты в наших широтах растут на сильно влажных и даже слегка покрытых водой местах, воздух над такими местообитаниями довольно влажный. К ним относится калужница (*Caltha palustris* L.), белокрыльник (*Calla palustris* L.), сабельник (*Comarum palustre* L.), вахта (*Menyanthes trifoliata* L.), виды родов *Typha*, *Sparganium*, *Glyceria*, болотные осоки и др.

Характерные особенности строения гигрофитов состоят в следующем. У них хорошо развита система межклетников в листьях, стеблях и корнях, что связано с перенасыщением почвы водой и, следовательно, с недостатком в ней кислорода. Полости и межклетники, по которым воздух доходит до конусов нарастания корней, составляют половину и даже большую часть объема листьев и стеблей. Вследствие переувлажнения и недостатка кислорода корни гигрофитов расположены в поверхностных горизонтах почвы, они слабо ветвятся и лишены корневых волосков. У растений, обитающих на сильно увлажненных почвах, периодически заливаемых водой, образуются особые дыхательные корни. У болотного кипариса (*Taxodium distichum*) они отходят от горизонтальных корней, выходят из почвы и возвышаются над ней больше чем на метр. Такие же дыхательные корни образуются у мангровых древесных растений, например, у авиценнии (*Avicennia nitida*) и др. Мангровыми называются растения, растущие по берегам тропических морей. Дважды в сутки они заливаются морской водой. Произрастая на илистой, крайне бедной кислородом почве, то заливаемой, то освобождающейся от воды, мангровые имеют ряд приспособлений. Так, у видов рода ризофора, растущих ближе всех к воде, на стволе и ветвях образуются придаточные корни, опускающиеся вниз и укореняющиеся в илистом грунте. Опираясь на эти корни длиной до 10 м, как на подпорки, дерево удерживается в заливаемом водой илистом субстрате. Очень оригинальное приспособление у семян ризофоры. Они прорастают на материнском растении, и на дереве развивается крупный проросток с мощно развитым гипоктилем. На стеблевой почке развивается несколько маленьких листьев. В зоне корневой шейки утолщается ось зародыша, вследствие этого при падении она сохраняет вертикальное направление, и проросток корнем вонзается в жидкий грунт.

Листья у настоящих гигрофитов имеют гигроморфную структуру: пластинки их крупные, клетки листьев тоже крупные, с большими межклетниками, состоят из рыхлой губчатой паренхимы, наружные покровы –

эпидермис и кутикула – развиты слабо, столбчатая паренхима также или слабо развита, или отсутствует.

Гигроморфная структура листьев и стеблей, слабая устьичная регуляция транспирации служат причиной быстрого завядания гигрофитов при уменьшении влажности почвы и воздуха. В периоды же наибольшего увлажнения воздуха транспирация прекращается и гигрофиты выделяют воду через гидатоды. Таковы типичные гигрофиты, но есть и такие гигрофиты, как хвощ приречный (*Equisetum fluviatile* L.), ситник развесистый (*Juncus effuses* L.) и им подобные, у которых листья сильно редуцированы, и функцию фотосинтеза выполняют зеленые стебли. Большинство исследователей считает, что это особая реликтовая группа гигрофитов, сохранившихся до наших дней.

Между типичными гигрофитами и мезофитами есть многочисленные переходные группы. Это преимущественно злаки и осоки, предпочитающие более или менее сырые местообитания. А.П. Шенников относит эти растения к гигромезофитам или мезогигрофитам. Гигрофиты, произрастающие в местах с достаточным количеством доступной влаги, имеют низкое осмотическое давление клеточного сока: от 800 до 1300 кПа (от 8 до 13 атм).

Гидрофиты – собственно водные растения, растущие в воде. Одни из них прикреплены ко дну, и лишь листья плавают на поверхности воды, другие целиком погружены в воду, и только во время цветения над водой появляются их цветки (водные лютики, валлиснерия, отдельные виды рдестов). Некоторые гидрофиты, например, виды роголистников и наяд, даже цветут под водой.

В процессе эволюции гидрофиты выработали ряд приспособлений к условиям водной среды.

1. В воде сильно ослаблен свет, поэтому хлоропласты в листьях водных растений находятся не только в мезофилле, как у наземных растений, но и в эпидермисе.

2. Кислорода в воде гораздо меньше, чем в воздухе, поэтому воздушные полости и межклетники у гидрофитов развиты еще больше, чем у гигрофитов. У некоторых водных растений межклетники и воздушные полости составляют до 70% и более объема их тела, что способствует их легкости и плавучести. Кроме того, объем их листьев, погруженных в воду, увеличивается рассеченностью пластинки листа на мелкие доли. Это увеличивает площадь соприкосновения с водой и, следовательно, способствует лучшему снабжению водных растений кислородом.

3. У водных растений нередко наблюдается разнолистность (гетерофиллия): плавающие на поверхности воды или возвышающиеся над ней листья по своей форме и величине резко отличаются от листьев, погруженных в воду. Первые имеют более крупные пластинки, вторые – более мелкие, часто рассеченные на узкие нитевидные доли. У подводных листьев эпидермис очень тонкий, без кутикулы, пластинка листа тонкая, без устьиц, легко пропускающая воду. Паренхима листа не дифференцирована на столбчатую и губчатую. Все клетки почти одинаковы по величине и форме.

Плавающие и поднимающиеся над водой листья имеют иное, более сложное строение, чем листья, погруженные в воду. Эпидермис нижней

стороны листа, находящийся в воде, тонкий, без устьиц, эпидермис верхней стороны листа более толстый, с кутикулой, часто блестящий, отражающий свет, с многочисленными устьицами (от 400 до 600 на мм<sup>2</sup>). Паренхима дифференцирована на столбчатую и губчатую.

4. По причине большей по сравнению с воздухом плотности воды, поддерживающей растение, у водных растений слабо развиты механические ткани, причем если у сухопутных растений механические ткани развиваются ближе к периферии стебля, то у водных ближе к центру, что придает им гибкость.

5. У таких прикрепленных ко дну растений, как кубышка (*Nuphar lutea* L. (Smith)) и кувшинка (*Nymphaea alba* L.), развивается хотя и упрощенная, но довольно мощная корневая система. Но у взвешенных в воде и у плавающих на поверхности водных растений корни частично или полностью редуцированы, а вода поглощается через тонкие пластинки листьев.

6. Вода в период вегетации имеет более низкую температуру, чем воздух, поэтому у водных растений преобладает вегетативное размножение. Многие из них образуют особые зимующие почки – «турионы», которые представляют собой видоизмененные побеги с большим запасом питательных веществ. Вследствие этого «турионы», довольно тяжелые, опускаются на дно и там зимуют.

7. Многие водные растения покрыты слизью, предохраняющей от вымывания из клеток солей, необходимых для жизнедеятельности.

Ксерофиты – растения засушливых местообитаний, которые способны переживать продолжительную атмосферную и почвенную засуху, оставаясь физиологически активными. Для типичных ксерофитов характерна ксероморфная структура органов.

1. Листья плотные, твердые, жесткие, с толстой кутикулой, с многослойным толстостенным эпидермисом, с большим количеством механических тканей, поэтому даже при большой потере воды листья не теряют упругости и тургора.

2. Листья часто свертываются вдоль, так что устьица оказываются внутри трубки. При сильной засухе края пластинки листа могут сходиться. В сырую погоду пластинки листьев плоские или почти плоские. Таковы листья типчака, ковылей и других степных злаков.

3. У многих ксерофитов наблюдается редукция листьев, благодаря чему транспирационная поверхность растения сокращается.

4. Многие ксерофиты, особенно их листья, сильно опушены и кажутся сероваточными, как, например, у растущего в наших степях шалфея эфиопского (*Salvia aethiopsis* L.) или серебристыми, как у встречающегося в Южной Африке серебряного дерева (*Leucadendron argenteum*).

5. Поверхность листьев некоторых ксерофитов покрыта восковым налетом, поэтому растения часто имеют сизоватый оттенок (*Centaurea ruthenica* Lam., *Asperula glauca* auct. fl.ross.).

6. Листья настоящих ксерофитов имеют очень много устьиц (у пробкового дуба их от 700 до 1100 на 1 мм<sup>2</sup>), сильно развитую



водопродводящую систему (у пустынного кустарника *Rosa persica* L. длина жилок на 1 см<sup>2</sup> доходит до 3128 мм). Впрочем, количество устьиц, их длина и длина сети жилок зависят от суммы осадков, выпавших за текущий и предшествующие годы.

7. В листьях ксерофитов столбчатая паренхима на верхней стороне листа располагается в два слоя и более, у многих растений она развивается и на нижней стороне листа. Клетки губчатой паренхимы и межклетники небольших размеров.

8. Осмотическое давление клеточного сока у ксерофитов очень высокое – до 10000 кПа (100 атм).

Все перечисленные признаки ксероморфной структуры зависят от внешних условий. На более сухих местообитаниях признаки ксероморфности усиливаются, увеличивается опушение, свернутость листьев и пр. Типичные ксерофиты, несмотря на признаки, ограничивающие транспирацию, могут расходовать влаги больше, чем мезофиты, если почва, на которой они растут в данный момент, достаточно увлажнена. Вследствие этого можно сделать вывод, что ксерофиты не только экономно расходуют воду, но и интенсивнее добывают ее из почвы.

Скорость поступления воды из почвы в растение зависит от скорости передвижения и от общего содержания воды в почве: чем суше почва, тем медленнее передвигается в ней вода. Ряд авторов считают, что именно неподвижность и недоступность влаги в сухой почве – основная причина усиленного роста корней многих растений. В этой связи приводятся данные о длине корней ржи. Общая длина корней ржи одного экземпляра может достигать 600 км, а среднесуточный прирост – 5 км. Если же прибавить к этому общую длину корневых волосков, то длина всей всасывающей системы составит 10 тыс. км. Еще более мощную корневую систему развивают фреатофиты (т. е. пустынные растения, корни которых достигают уровня пресных вод, или влажной капиллярной каймы), например, корневая система саксаула черного может проникать до глубины 30-40 м (Викторов, Востокова, 1961).

По мере иссушения верхних горизонтов почвы корни ксерофитов проникают все глубже в почву и материнскую породу и к концу вегетационного периода пронизывают всю толщу почвы и подпочвы, увлажненную весной.

Некоторые ксерофиты имеют двухъярусную корневую систему. У фисташки настоящей (*Pistacia vera* L.) верхние горизонты залегают на глубине до 80 см и обеспечивают ее влагой в весенне-летний период. Нижние же корни достигают глубины 160-180 см и снабжают дерево водой во вторую половину вегетационного периода. Благодаря такому полному использованию влаги всех горизонтов почвы и подпочвы на склонах и предгорьях Памиро-Алтая и других местах Средней Азии фисташки образуют леса в засушливых условиях при среднегодовом количестве осадков 250-350 мм, летней температуре 40-43°С и относительной влажности, падающей до 10-13%. Больше того, несмотря на высокую интенсивность транспирации, фисташка настоящая способна

обеспечить нормальный водообмен в течение всего знойного лета и сбрасывает листья только в октябре-ноябре, в то время как растущие вместе с ней миндаль бухарский (*Amygdalus bucharica* L.), миндаль колючейший (*A. Spinosissima* L), парнолистник Гончарова (*Zygophyllum gontscharovii* L.) и другие виды в жаркое время года почти полностью или частично сбрасывают листву.

Мощные, сильно разветвленные корни ксерофитов, проникающие на большую глубину, собирают воду с больших площадей и глубин, когда воды в почве мало. В этом суть засухоустойчивости ксерофитов. Когда же воды в почве много, мощная корневая система быстро подает ее через стебель к листьям, и последние, имея большое количество устьиц и разветвленную систему жилок на единицу площади, способны быстро транспирировать ее. Известно, что ксерофиты типа склерофитов потенциально могут испарять и испаряют, если почва достаточно влажная, гораздо больше влаги, чем мезофиты. Даже самые выраженные ксерофиты не являются растениями-сухлюбями, они лишь засухоустойчивы и способны переносить недостаток воды с меньшим ущербом, чем мезофиты. Летом в периоды сильных засух ксерофиты прекращают рост, частично или полностью сбрасывают листья. В весенние же, относительно более богатые осадками месяцы ксерофиты достигают наибольшего роста и расцвета, расходуя влаги гораздо больше, чем мезофиты. Эти наблюдения позволили сформулировать положение о том, что основная физиологическая особенность ксерофитов – их способность с наименьшим для себя вредом переносить сильные засухи. Способность ксерофитов выдерживать с наименьшим вредом обезвоживание тканей объясняется свойствами цитоплазмы их клеток, которая содержит повышенное по сравнению с другими типами растений количество так называемой связанной воды, т.е. той части клеточной воды, которая прочно удерживается коллоидами в клетке. Группа ксерофитов далеко неодинакова как по своему облику, так и по физиологическим особенностям и, в частности, по отношению к воде.

По характеру приспособления ксерофитов к сухим местообитаниям А.П. Шенников (1950) делит их на две группы:

1. Суккуленты стеблевые (кактусы, малочайные) и листовые (агава, алоэ, виды родов *Sedum*, *Sempervivum*). Это сочные мясистые растения с сильно развитой паренхиматической тканью, содержащей в клетках очень много воды. Для суккулентов характерно низкое осмотическое давление клеточного сока: у стеблевых – 550-590 кПа (5,5-5,9 атм), у листовых 500-670 кПа (5-6,7 атм). Корни их поверхностные, широкораскидистые, быстро растущие и быстро впитывающие воду после дождя. В сухое время корни засыхают. Суккуленты очень экономно расходуют воду.

2. Склерофиты – полная противоположность суккулентам. Листья их не запасают воду, наоборот, они сравнительно мало обводнены, кажутся суховатыми. Благодаря хорошо развитым механической и покровной тканям листья склерофитов твердые, жесткие и даже при потере воды до 25% и более не теряют тургора. Осмотическое давление клеточного сока склерофитов порядка 4000-10000 кПа (40-100 атм) и даже более. Они образуют мощную

корневую систему, способную быстро подавать воду в листья. Поэтому, когда влаги в почве много, интенсивность транспирации у склерофитов очень высокая.

П.А. Генкель (1965) различает 5 типов ксерофитов:

1. Суккуленты.

2. Эуксерофиты т.е. настоящие ксерофиты. Это густоопушенные растения с низкой интенсивностью транспирации. Они хорошо переносят перегрев и обезвоживание тканей, а также значительный водный дефицит (40-50% и выше). Корневая система у эуксерофитов очень разветвленная, но неглубокая – 50-60 см. К этой группе относятся такие обычные степные растения, как полынь сизая (*Artemisia glauca* Pall. ex Bess), астра ромашковая (*Aster villosa* L.), вероника седая (*Veronica incana* L.) и др.

3. Гемиксерофиты. Развивают глубокую корневую систему, достигающую уровня грунтовых вод на глубине 5-6 м. Эта группа растений плохо переносит перегрев и завядание. Водный дефицит, например, у резака обыкновенного (*Falcaria vulgaris* Bernh.), не превышает 8-12%. Вследствие хорошего водоснабжения у гемиксерофитов очень высокая интенсивность транспирации. Они широко распространены в песчаных пустынях. Верблюжья колючка (*Alhagi camelorum* Fisch.), например, встречается там, где на определенной глубине всегда имеется вода.

4. Пойкилоксерофиты – растения, у которых отсутствует регуляция водного режима. К этой группе П.А. Генкель относит большинство лишайников, степные мхи и водоросли. В жаркую сухую погоду они высыхают до воздушно-сухого состояния, впадая в анабиоз, а после дождя «оживают». Из цветковых растений к пойкилоксерофитам относятся *Ramondia*, *Nathalie*, *Haberlea rhodopensis*, произрастающие в Македонии. Эти растения также высыхают до воздушно-сухого состояния и после дождя вегетируют вновь.

5. Стипаксерофиты – группа ксерофитных растений. В нее входят ковыли, типчак и другие узколистные степные злаки. Растения этой группы отличаются мощной корневой системой, использующей влагу кратковременных ливней. Они интенсивно транспирируют, жароустойчивы, но довольно быстро реагируют на изменение внешних факторов. Стипаксерофиты чувствительны к обезвоживанию и переносят только кратковременный недостаток влаги.

До сих пор речь шла о ксерофитах, произрастающих в сухих теплых странах. Но и в местах с холодным климатом в северных широтах и высоко в горах встречаются местообитания с недостаточным увлажнением. Вследствие этого и по причине своеобразного светового режима у северных и высокогорных растений также выражены признаки ксероморфной структуры. Растения холодных местообитаний, имеющие ксероморфные признаки, называются психрофитами, а растения, приспособленные для высокогорий, – криофитами. Резких разграничений между этими типами нет. К психрофитам прежде всего относятся хвойные: ель, пихта сибирская, кедровый стланик, можжевельник. У хвойных, как известно, отсутствуют сосуды, вместо них имеются трахеиды, лишенные непосредственного сообщения друг с другом.

Каждая клетка трахеид остается замкнутой и сообщается с соседними трахеидами при помощи окаймленных пор с замыкающей пленкой. Такая проводящая система замедляет продвижение воды по стволу к хвое. Кроме того, хвоя имеет резко выраженные признаки ксероморфной структуры: небольшая транспирирующая поверхность, толстостенный эпидермис, толстая кутикула, восковой налет, способствующие снижению испарения.

Еще более ярко выражена ксероморфная структура у северных вечнозеленых кустарничков эриксонидного типа, к которым относятся багульник (*Ledum palustre* L.), водянка (*Empetrum nigrum* L.), луазелеурия (*Loiseleuria procumbens*(L.) Desv) и др. У них небольшие плотные вечнозеленые листья с завернутыми краями, сверху блестящие, снизу покрытые волосками. Верхняя сторона листа имеет хорошо развитую толстую кутикулу, толстостенный эпидермис, плотную столбчатую паренхиму, иногда многослойную. Ксероморфизм верхней стороны листьев психрофитов, видимо, связан с тем, что летом температура в некоторые дни достигает до 20-30° С, зимой и летом дуют сильные ветры, увеличивающие испарение. Однако ксероморфная структура у психрофитов сочетается с гигроморфной: губчатая паренхима нижней стороны листьев имеет рыхлые крупные клетки с большими межклетниками (у типичных гигрофитов крупные межклетники есть не только в листьях, но и в стеблях и корнях) осмотическое давление их клеточного сока сравнительно невелико – порядка 140-220 кПа (1,4-2,2 атм.).

К криофитам относятся растения сухих и холодных пустынь. На Восточном Памире в субальпийском поясе гор на высоте 3500-4100 м над уровнем моря и в альпийском поясе на высоте 4800-5000 м и выше за год выпадает около 150-200 мм осадков, а в засушливые годы иногда всего 20 мм. Относительная влажность воздуха в вегетационный период очень низкая – 25-35%, а в полдень достигает до 2-7%. Дуют сухие и холодные ветры, температура резко колеблется. В летние месяцы температура днем у поверхности почвы достигает до 60° С, а ночью бывают заморозки или температура едва выше 0° С. Живущие здесь растения должны приспособиться не только к сухости и холоду, но и к разреженному воздуху, сильной инсоляции, к очень низкой концентрации диоксида углерода.

Аналогичные и даже более суровые условия имеют место в холодных пустынях на высокогорьях Центрального Тянь-Шаня. Здесь встречаются криофиты типа приземистого полукустарничка терескена (*Eurotia ceratoides* (L.) С.А. Меу.) и типа плотных подушек возрастом иногда 1000 лет, достигающих 1 м в диаметре и более. Таковы *Gypsophilla aretioides* L., *Acantholimon diapensioides* Boiss., *Sibbaldia tetranda* L. и др.

Мезофиты. Это растения, произрастающие на среднеувлажненных почвах. Они более требовательны к влаге, чем ксерофиты, и менее требовательны, чем гигрофиты. Мезофиты встречаются как в тропических, так и в холодных областях, но господствуют в средних условиях увлажнения и теплового режима на умеренно плодородных и хорошо аэрированных почвах. По своей морфологии и физиологии мезофиты сочетают различные ксероморфные и гигроморфные черты. Одни из них по своей структуре и

потребности к влаге ближе к ксерофитам, другие – к гигрофитам, третьи являются типичными мезофитами. Ткани листа мезофитов дифференцированы на более или менее плотную палисадную паренхиму (теневых листьев), расположенную на верхней стороне листа, и губчатую рыхлую паренхиму, находящуюся на нижней стороне листа.

Клетки и межклетники средних размеров. Сеть жилок у них менее густая, чем у ксерофитов, и более густая, чем у гигрофитов. Количество устьиц среднее. Осмотическое давление клеточного сока колеблется в пределах 2000-2500 кПа (20-25 атм.). К типичным мезофитам относятся многие культурные растения: ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) и др.

Находясь в средних условиях теплового, воздушного и водного режимов на почвах достаточного плодородия, мезофиты быстро растут и приносят большие урожаи. Вследствие этого человек отбирал и культивировал именно мезофиты. Однако в связи с меньшей засухоустойчивостью мезофиты в засушливые годы сильно снижают свой урожай. В последнее время появилось много данных о том, что внесение удобрений не только способствует росту и развитию мезофитов, но и повышает их засухоустойчивость.

Большое значение имеет и изменчивость самих растений, их приспособление и устойчивость к засухе. Мезофиты, приспособленные к перенесению более или менее продолжительной засухи, называются ксеромезофитами и мезоксерофитами. К ксеромезофитам прежде всего относятся растения с глубокой корневой системой. Из древесных пород это, например, дуб (*Quercus robur* L.), который заходит далеко на юг, в степи и даже полупустыни. Из травянистых растений к мезоксерофитам относится люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), клевер горный (*Trifolium montanum* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), житняк (*Agropyron pectiniforme* Roem.et Schult.) и др.

Избыточное увлажнение почвы также отрицательно сказывается на росте и развитии мезофитов по причине слабого развития у них сети межклетников и воздушных полостей, поэтому на более влажных местах типичные мезофиты выпадают из травостоя и замещаются гигромезофитами. Таковы лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), бекмания (*Beckmannia eruciformis* (L.) Host) и др. Гигромезофиты имеют поверхностную корневую систему и более или менее развитую систему межклетников.

Места, занятые мезофитами и гигромезофитами, осенью бывают сильно увлажнены, а весной часто заливаются полыми водами. У таких видов выработалась особая влагоустойчивость, которая представляет собой способность растений сохранять свою жизненность в условиях длительного переувлажнения. При этом различают: 1) устойчивость растений к затоплению с поверхности; 2) устойчивость растений при подтоплении снизу из почвы. Устойчивы к затоплению следующие мезофитные и гигромезофитные злаки: пырей ползучий (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv.), полевица побегообразующая (*Agrostis stolonifera* L.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), бекмания

обыкновенная (*Beckmannia eruciformis* (L.) Host), костер многолетний (*Zerna inermis* (Leyss.) Lindm.), овсяница восточная (*Festuca orientalis* (Hackel.) V. Krecz. et Bobrov), мятлик болотный (*Poa palustris* L.) и др. Неустойчивы к затоплению райграсс высокий (*Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J.Presl & C.Presl) и ежа сборная (*Dactylus glomerata* L.). Устойчивы к подтоплению снизу полевица собачья (*Agrostis canina* L.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), луговик дернистый (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.), мятлик обыкновенный (*Poa trivialis* L.); неустойчивы – пырей ползучий, райграсс высокий, костер многолетний, плевел многоцветковый (*Lolium multiflorum* Lam.) и др. Гибель растений от продолжительного затопления происходит в результате недостаточного содержания кислорода в водной среде, недоразвития механической ткани и от снижения интенсивности света.

Мезофиты широко распространены по земной поверхности и вследствие этого имеют разнообразные черты строения. Исходя из приуроченности отдельных групп мезофитов к тем или иным климатическим условиям, А.П. Шенников (1950) выделяет следующие пять типов мезофитов:

1) вечнозеленые мезофиты влажных тропических лесов; зимнезеленые деревянистые мезофиты; 3) летнезеленые деревянистые мезофиты; 4) летнезеленые многолетние травянистые мезофиты; 5) эфемеры и эфемероиды.

Особое место среди мезофитов занимают эфемеры и эфемероиды. Те и другие свойственны главным образом аридным областям: пустыням Средней Азии, юго-востока европейской части и другим засушливым областям.

Эфемеры – однолетние травянистые растения. Они вегетируют ранней весной, когда наступают теплые дни и почва достаточно увлажнена. В течение одного-двух месяцев всходят семена, растения растут, цветут и плодоносят. После созревания семян их вегетативные органы полностью отмирают, остаются только опавшие на почву семена. При достаточной длине влажного и теплого периода весенние эфемеры успевают пройти полный цикл своего развития, однако при засушливой весне рост их задерживается, цветение и плодоношение ограничивается, и семена не успевают созреть.

Кроме весенних эфемеров есть и осенние эфемеры, семена которых прорастают осенью или зимой, но их быстрый рост, цветение и плодоношение начинаются весной.

К эфемерам относятся следующие растения прикаспийских пустынь: бурачок пустынный (*Alyssum desertorum* Stapf.), проломник Турчанинова (*Adrosace Turczaninovii* Freyn.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach)). Эфемеры пустынь Средней Азии – мак павлиний (*Papaver pavonicum* С.А. Mey), ромерия отогнутая (*Roemeria refracta* Stev.) и др. Из эфемеров степной зоны распространены веснянка весенняя, бурачок степной (*Alyssum campestre* L.), клоповник пронзеннолистный (*Lepidium perfoliatum* L.) и др. Однако по числу видов, обилию и разнообразию степные эфемеры значительно уступают пустынным.

Эфемероиды – многолетние, более крупные, чем эфемеры, травянистые

растения с коротким весенним периодом вегетации. С наступлением засухи их надземные части полностью отмирают, остаются только семена и подземные органы: клубни, луковицы, корневища, многолетние корни. В пустынях Средней Азии встречаются эфемероиды, отличающиеся по способу роста и развития, габитусу и приспособленности к перенесению засухи. Наиболее крупные растения – виды рода *Ferula*. Например, ферула вонючая – *Ferula assafoetida* L. образует в течение восьми лет только розетки листьев и из года в год утолщает свой корень. На девятом году жизни появляется стебель, достигающий более 1 м высоты и 10 см в диаметре. За счет накопившегося за восемь лет крахмала и весенней влаги стебель быстро растет (до 17 см в сутки), и растение до наступления засухи успевает пройти весь цикл своего развития. Затем растение гибнет.

Пустынные осоки (*Carex physodes* Bieb., *C. pachystillis* J. Gay in Ann. Sci. Nat. ser.), обильно представленные в пустынях, имеют длинные корневища и густую сеть отходящих от них корней, глубоко проникающих в почву. Подземные органы этих осок в длинный сухой и жаркий летний период, когда почва особенно сильно нагревается, впадают в анабиоз; а при снижении температуры и увлажнении почвы из почек возобновления появляются молодые листья. Другие эфемероиды под действием летней сухости и перегрева почвы выработали иные приспособления, предохраняющие от высыхания: они деревенеют и опробковывают снаружи, а внутренние нежные части луковиц защищены от высыхания чешуями и т.д.

В лесной и таежной зонах в посевах и по сорным местам ранней весной зацветают крупка дубравная (*Draba nemorosa* L.), незабудка мелкоцветная (*Myostis micrantha* Pall. ex Lehm.), вероника весенняя (*Veronica verna* L.) и др. Они быстро проходят цикл развития и отмирают. Эфемерность их, однако, объясняется не недостатком влаги, а тем, что светолюбивые растения проходят цикл развития еще до того, как более крупные растения вырастут и затемнят их.

В широколистных лесах сразу же после исчезновения снега начинают цвести пролеска сибирская (*Scilla sibirica* Haw.) (в лесостепях и лесах черноземной области), хохлатка Галлера (*Corydalis halleri* Willd.), чистяк весенний (*Ficaria verna* Huds.), ветреница дубравная (*Anemone nemorosa* L.), ветреница лютиковая (*A. ranunculoides* (L.) Holub.) и др. Примерно к середине мая они отцветают, а к началу июня их надземные органы отмирают. Эфемероидность этих лесных растений обусловлена их светолюбием, поэтому их надземные органы могут развиваться при довольно высокой интенсивности света, то есть когда деревья и кустарники безлиственны и не затеняют их. Когда же древесные растения покроются листвой, надземные части лесных травянистых эфемероидов отмирают. Следует помнить, что и подземные органы лесных травянистых эфемероидов находятся в иных условиях, чем подземные органы пустынных и степных, так как почва в лесу в течение всего лета остается более или менее влажной.

## **Лабораторная работа 6**

### **Решение задач по пройденному материалу**

**Цель занятия:** закрепление пройденного материала.

**Материалы:** материалы лекций, калькулятор, линейка, канцелярские принадлежности.

**Задача №1.** Наземные млекопитающие и птицы, которые живут в полярных районах, обычно окрашены в белый цвет, а насекомые в этих же местах имеют тёмную окраску. И та и другая окраска – приспособленность к деятельности одного фактора. Почему приспособленность носит такой разный характер?

**Задача №2.** Почему у песца ноги короче, а ушные раковины меньше, чем у рыжей лисицы.

**Задача №3.** На территории площадью 100 км<sup>2</sup> ежегодно производили рубку леса. На момент организации на этой территории заповедника было отмечено 50 лосей. Через 5 лет численность лосей увеличилась до 650 голов. Ещё через 10 лет количество лосей уменьшилось до 90 и стабилизировалось в последующие годы на уровне 80 – 110 голов. Определите плотность поголовья лосей: а) на момент создания заповедника; б) через 5 лет после создания заповедника; в) через 15 лет после создания заповедника. Объясните, почему сначала численность лосей резко возросла, а позже упала и стабилизировалась.

**Задача №4.** Начертите схему пищевых связей волка и зайца, учитывая, что каждый из них – многоядный вид и сам служит источником пищи для других. Каждый вид обозначьте кружком, каждую связь – стрелкой от жертвы к хищнику

**Задача №5.** На краю села в пойме реки расположено небольшое озеро, на котором постоянно пасутся стада гусей. Как вы думаете, что произойдёт, если прекратить выпас гусей?

**Задача №6.** Зная правило десяти процентов, рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы выросла одна щука весом 10 кг (пищевая цепь: фитопланктон – зоопланктон – мелкие рыбы – окунь – щука). Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне поедаются только представители предыдущего уровня.

**Задача №7.** Зная законы миграции элементов в биосфере, расположите места сбора лекарственных трав по возрастанию опасности для здоровья, которая может возникнуть при использовании этих растений: в городе, рядом с автомобильными дорогами, рядом с железнодорожным полотном, в лесу далеко от населённого пункта, рядом с деревней.



**Задача №8.** Одна устрица фильтрует до 10 л/ч воды, содержание водорослей в которой составляет 0,5 г/л. Какое количество энергии в кДж этих водорослей будет усвоено банкой из 1000 устриц, если в 1 г биомассы водорослей содержится 2,5 кДж энергии корм? На процессы жизнедеятельности устрицы тратят до 60% энергии корма.

**Задача №9.** Известно, что в мелком водоеме в течение года образовалось 15 кг чистой первичной продукции. Каждый грамм такой биомассы содержит 20 ккал энергии. Рассчитайте, каким запасом энергии будут обладать консументы 3-го порядка данного водоема.

**Задача №10.** Вес самки одного из видов летучих мышей, питающихся насекомыми, не превышает 5 грамм. Вес каждого из двух ее новорожденных детенышей – 1 грамм. За месяц выкармливания детенышей молоком вес каждого из них достигает 4.5 грамма. На основании правила экологической пирамиды определите, какую массу насекомых должна потребить самка за это время, чтобы выкормить свое потомство? Чему равна масса растений, сохраняющаяся за счет истребления самкой растительноядных насекомых?

**Задача №11.** Чем можно объяснить большое различие суточной потребности в энергии (на единицу массы тела) у человека и у мелких птиц или мелких млекопитающих?

**Задача №12.** Насекомоядные птицы весом 10 – 30 г (синица, воробей, лазоревка, овсянка, зяблик и др.) съедают насекомых за день до 30 % от собственной массы. Определите, сколько насекомых за одно лето съест синица массой 20 г? Сколько насекомых за одно лето съест овсянка массой 30 г?

**Задача №13.** Заполните цифровыми значениями блоки пирамиды биомассы в цепи питания «трава – полёвки – лиса», если известно, что для питания одной лисы весом 8 кг в течение 1 года требуется 5475 полёвок, а каждая полёвка съедает за год 23 кг травы и весит 30 г.

**Задача №14.** Установлено, что 1 кг массы синиц (консументы второго порядка) соответствуют 4000 кДж энергии. КПД фотосинтеза лесной экосистемы составляет 1%. Какое максимальное количество птиц средней массой 25 г может прокормиться в сообществе, на поверхность которого поступает  $2 \cdot 10^8$  кДж солнечной энергии, если первичным потребителям, которыми питаются синицы, доступно не более 5% энергии, запасенной продуцентами? Переход энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана.

**Задача №15.** 1 га хвойного леса отфильтровывает 35 т пыли в год, а лиственного в 2 раза больше. Сколько гектаров лиственного леса надо посадить, чтобы он отфильтровывал 700 т пыли в год?

**Задача №16.** 1 га лиственного леса за сутки продуцирует 2 кг фитонцидов, а хвойного в 2,5 раза больше. Сколько гектаров сосен надо посадить, чтобы получить 1 тонну фитонцидов?

**Задача №17.** В сутки человек потребляет 0,8 кг кислорода, при физической нагрузке до 1,3 кг. Среднее дерево выделяет за сутки 0,2 кг кислорода. Сколько деревьев надо на одного человека, чтобы нам легко дышалось?

**Задача №18.** 1 га деревьев и кустарников в течение 1 ч поглощают столько углекислого газа, сколько его выдыхают за это время 200 человек. Сколько гектаров зелёных насаждений должно быть в городе с населением 50000 человек?

**Задача №19.** В солнечный день 1 га леса поглощает около 240 кг углекислого газа и выделяет 200 кг кислорода. За 1 год 1 га леса поглощает около 50 кг пыли, выделяя фитонциды. За сутки 1 га леса даёт 3 кг фитонцидов, а 30 кг фитонцидов достаточно для уничтожения вредных микроорганизмов в большом городе. За сутки 1 человек при обычных условиях поглощает в среднем 600 г кислорода и выдыхает 750 г углекислого газа. Подсчитайте для леса площадью 10 га массу поглощаемого углекислого газа, выделяемого кислорода и фитонцидов за сутки. Какому числу людей хватит выделяемого этим лесом кислорода?

**Задача №20.** Вычислите, сколько дождевых червей (количество и общая масса) живёт на 2 сотках пашни, если их обычная численность на 1 м<sup>2</sup> составляет 450 особей, а масса одного червя в среднем 0,5 г?

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате освоения дисциплины студенты научатся применять полученные знания в практике хозяйственной деятельности; будут владеть знаниями о теоретических основах биогеографии, экологии животных, растений и микроорганизмов, а также знаниями о теоретических основах экологии животных, растений и микроорганизмов.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основная литература:

1. Хван, Т. А. Экология. Основы рационального природопользования: учеб. пособие / Т. А. Хван, М. В. Шинкина. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт, 2013. - 319 с.
2. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. – М.: Дрофа, 2004. – 416с.
3. Экология: учеб. пособие / А. В. Тотай [и др.]; под общ. ред. А. В. Тотая; рец.: Г. В. Гурьянов. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва: Юрайт, 2013. - 411 с.

### Дополнительная литература:

1. Стадницкий, Г. В. Экология: учеб. / Г. В. Стадницкий, 6-е изд. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2001. - 288 с.
2. Стрелков, А.К. Охрана окружающей среды и экология гидросферы [Электронный ресурс]: учебник / А.К. Стрелков, С.Ю. Теплых; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет». - 2-е изд. перераб. и доп. - Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. - 488 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
3. Тулякова, О.В. Экология [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.В. Тулякова. - Москва: Директ-Медиа, 2013. - 182 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
4. Литвин, В. М. Природные ресурсы. Калининградская область / В. М. Литвин, Г. Н. Ельцина, В. П. Дедков. - Калининград: Янтарный сказ, 1999. - 189 с.
5. Экология [Электронный ресурс]: учебник / В.Н. Большаков, В.В. Качак, В.Г. Коберниченко и др.; ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Логос, 2013. - 504 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
6. Экология и экономика природопользования: учеб. / Э. В. Гирусов [и др.]; под ред. В.Н. Лопатина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ЮНИТИ-ДАНА: Единство, 2003. - 520 с.

Локальный электронный методический материал

Софья Константиновна Заостровцева

## ЭКОЛОГИЯ ОРГАНИЗМОВ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 3,4. Печ. л. 2,9.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1