

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»**

**Н. Г. ГАЛИНОВСКИЙ, Д. В. ПОТАПОВ  
Г. Г. ГОНЧАРЕНКО**

**ЭКОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ МЕТЕОРОЛОГИИ**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**

**для студентов специальности  
1 – 75 01 01 «Лесное хозяйство»**

**Гомель  
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»  
2009**

УДК 574 : 551.5 (075.8)  
ББК 28.080 : 26.23 я 73  
Г 157

**Рецензенты:**

А.Н. Никитин, ученый секретарь ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», к.с–х.н.;

М.С. Лазарева, заведующая кафедрой лесохозяйственных дисциплин УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», к.с–х.н.

Рекомендовано к изданию научно–методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

**Галиновский, Н.Г.**

Г 157 Экология с основами метеорологии: практическое руководство по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1–75 01 01 «Лесное хозяйство» / Н.Г. Галиновский, Д.В. Потапов, Г.Г. Гончаренко; М–во образ. РБ, Гомельский гос. ун–т им. Ф.Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2009. – 109 с.

Практическое руководство ставит своей целью оказание помощи студентам, обучающихся по специальности «Лесное хозяйство». В практическом руководстве последовательно рассматриваются программные вопросы экологии и метеорологии: факторы среды, популяция, биоценоз, погода, климат, атмосфера, гидросфера.

Адресовано студентам специальности 1 – 75 01 01 «Лесное хозяйство».

УДК 574 : 551.5 (075.8)  
ББК 28.080 : 26.23 я 73

© Галиновский Н. Г., Потапов Д.В.,  
Гончаренко Г. Г., 2009

© УО «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины», 2009

## Содержание

Введение.....	4
Тема 1 Экологические факторы окружающей среды, абиотические факторы среды.....	5
Тема 2 Жизненные формы растений и животных.....	19
Тема 3 Популяция.....	35
Тема 4 Биогеоценоз и экосистема.....	45
Тема 5 Атмосфера, солнечная радиация в атмосфере.....	60
Тема 6 Гидросфера.....	80
Тема 7 Погода и климат.....	90
Словарь терминов и понятий.....	98
Литература.....	108

## Введение

В условиях всевозрастающего экологического кризиса особую актуальность приобретают вопросы экологического образования и воспитания как средства решения сложных проблем. Студенты специальности «Лесное хозяйство», как никто из специалистов должны знать о существовании зависимости между состоянием окружающей среды и уровнем благосостояния общества. Из существующих направлений экологии (классическая, глобальная, социальная, геоэкология, экология человека, прикладная экология, экологический мониторинг) наибольшую актуальность для студентов данной специальности приобретает прикладная экология, изучающая взаимосвязи и взаимозависимости в системе «общество – окружающая среда» и метеорология, в данном контексте изучающая особенности влияния климатических факторов на состояние окружающей среды.

В соответствии с программой курс «Экология и метеорология» включает в себя лекции, лабораторные и практические занятия. Лабораторные занятия по курсу «Экология и метеорология» введены в учебные планы с целью более глубокого изучения основ этой дисциплины. Практически отсутствует методические разработки и указания по организации и проведению лабораторных занятий по данному курсу. Предполагаемая разработка лабораторных занятий позволяет значительно активизировать процесс обучения, приобщить студентов к научному решению экологических вопросов. Издание предназначено для развития творческой инициативы студентов-экологов в освоении всего цикла лабораторных занятий по данной дисциплине.

Организация лабораторных занятий по экологии с основами метеорологии предполагает многообразие форм и методов. Студенты выполняют разнообразные работы: проведение лабораторных экспериментов, анализ их результатов, графическое их исполнение, решение экологических задач, ответы на поставленные вопросы. Лабораторный эксперимент может быть преобладающей формой занятий, но не единственной. Такая форма работы, например, как выполнение экологического научного рисунка позволяет интенсивнее приобщать студентов к творческому осмыслению сути экологического процесса или явления, развивать критическое отношение к рассматриваемому вопросу. Вопросы, сформулированные по ходу и в конце каждого занятия, могут быть использованы в качестве домашнего задания.

Практическое руководство адресовано студентам специальности 1 – 75 01 01 «Лесное хозяйство».



## Тема 1 Экологические факторы окружающей среды, абиотические факторы среды

- 1.1 Понятие об экологических факторах окружающей среды
- 1.2 Свет как абиотический фактор среды
- 1.3 Температура как абиотический фактор среды
- 1.4 Влажность как абиотический фактор среды

### 1.1 Понятие об экологических факторах окружающей среды

Жизнедеятельность любого организма в той или иной степени связана с окружающей его средой. *Окружающая среда* – все, что окружает организм и влияет на его жизнедеятельность. Среда воздействует на организмы прямо или опосредовано при помощи определенных элементов – экологических факторов. *Экологический фактор* – это любой элемент среды, оказывающий прямое или косвенное влияние на живые организмы, и на который организмы реагируют приспособительными реакциями.

Факторы среды имеют количественное выражение (рисунок 1). По отношению к каждому фактору можно выделить *зону оптимума* (зону нормальной жизнедеятельности), *зону пессимума* (зону угнетения) и *пределы выносливости организма*.

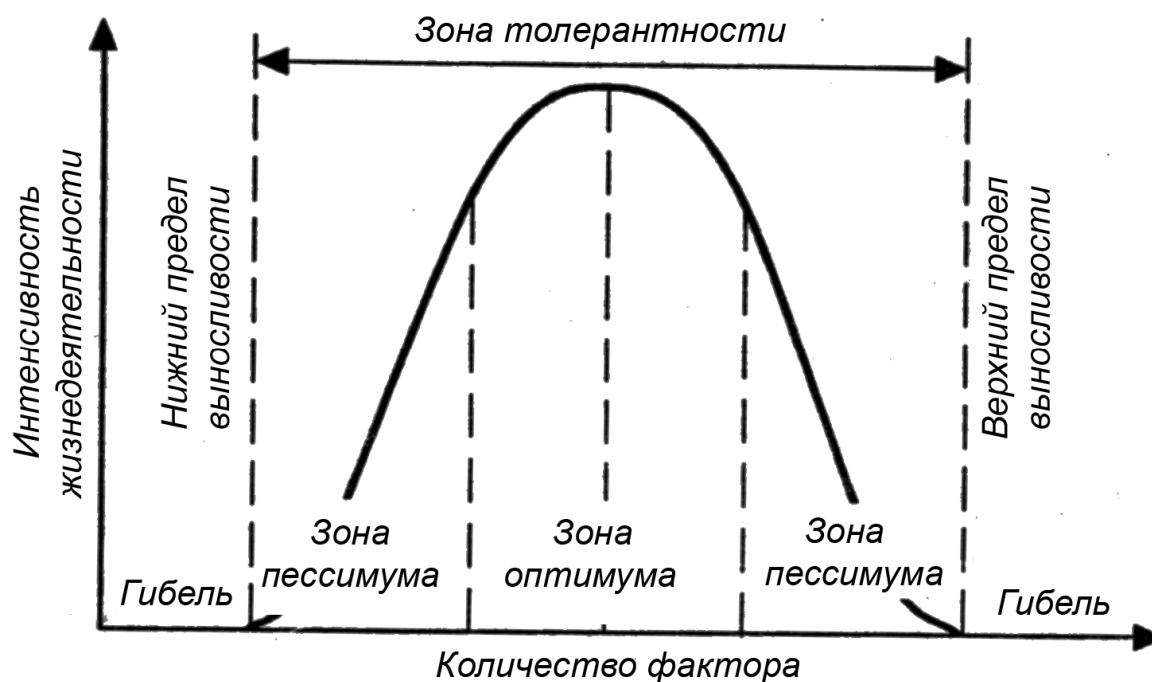


Рисунок 1 – Зависимость действия экологического фактора от его количества [11]

*Оптимум* – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна. В зоне *пессимума* жизнедеятельность организмов угнетена. За пределами выносливости существование организма невозможно. Различают *нижний* и *верхний* предел выносливости. Способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени называется *экологической валентностью* (*толерантностью, устойчивостью, пластичностью*). Значения экологического фактора между верхним и нижним пределами выносливости называется *зоной толерантности*. Виды с широкой зоной толерантности называются *эврибионтными*, с узкой – *стенобионтными*. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет *экологический спектр вида*.

Экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида, называется *лимитирующим*. Такой фактор будет ограничивать распространение вида даже в том случае, если все остальные факторы будут благоприятными. Лимитирующие факторы определяют географический ареал вида.

**1.2 Свет как фактор среды** При прохождении солнечной радиации через атмосферу около 19 % поглощается облаками, водяными парами и т.д., 34 % отражается обратно в космос, 47 % достигает земной поверхности, из них 24 % – прямая радиация и 23 % – отраженные лучи.

В спектре солнечного света выделяют области, различные по своему биологическому действию. Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы живым организмам (бактерицидное действие, стимуляция роста и развития клеток, синтез витамина D и т.д.), в больших дозах губительны из-за способности вызывать мутации. Значительная часть ультрафиолетовых лучей отражается озоновым слоем. Видимые лучи – основной источник жизни на Земле, дающий энергию для фотосинтеза. Инфракрасные лучи – основной источник тепловой энергии.

Солнечная энергия, которую зеленые растения поглощают и используют, называется *фотосинтетически активной радиацией* (ФАР). В спектральном диапазоне 0,38 – 0,71 мкм в живых организмах совершаются важнейшие фотобиологические процессы. Для растений наиболее продуктивными являются не прямые солнечные лучи, падающие перпендикулярно поверхности листьев, а рассеянные. Прямая радиация Солнца в зависимости от высоты светила над гори-

зонтом содержит 28–43 % ФАР. Рассеянная радиация при солнечном свете составляет 50–60 %, рассеянная радиация при ясном небе – до 90 % ФАР. По степени влияния света на те или иные организмы они подразделяются на следующие экологические группы:

Таблица 1 – Экологические группы растений и животных

	Экологическая группа	Характеристика	Примеры
Растения	Гелиофиты (светолюбивые)	имеют мелкие блестящие или густо опушенные листья, расположенные под большим углом, иногда почти вертикально; образуют разряженные насаждения	луговые злаки, растения тундр, эфемеры, большинство культурных растений открытого грунта, многие сорняки
	Факультативные гелиофиты (теневыносливые)	способны развиваться как при очень большом, так и при малом количестве света	ель, клен, граб, лещина, боярышник, земляника, герань, многие комнатные растения
	Сциофиты (теновые)	отличаются крупными, нежными, подвижными листьями темно-зеленого цвета, характерна так называемая листовая мозаика	зеленые мхи, плауны, кислица, копытень, седмичник, барвинок, майник и др.
Животные	Дневные	активно бодрствуют и охотятся днем. Это самая большая группа животных	булавоусые бабочки, заяц, лось, барсук, горностай и др.
	Сумеречные	животные, активный период суточной жизнедеятельности которых припадает на сумерки (вечерние или утренние)	в первую очередь летучие мыши, козодой, некоторые совы, жуки-навозники, жабы
	Ночные	животные, ведущие ночной образ жизни	большинство сов, бабочки-бражники, некоторые тропические древесные лягушки, хомяки

С влиянием света связано явление *фотопериодизма* – ритмическое изменение морфологических, биохимических и физиологических свойств и функций организмов под влиянием чередования световых и темновых фаз. *Фотопериод* – это длина светового дня. В отличие от других факторов, это величина постоянная для данной местности, но изменяется в течение сезона.

**1.3 Температура как фактор среды** От температуры окружающей среды зависит температура организмов, а, следовательно, скорость всех химических реакций, составляющих обмен веществ. В основном организмы могут существовать при температуре от 0 до +50° С, что обусловлено свойствами цитоплазмы клеток (если температура живой клетки падает ниже точки замерзания, клетка обычно физически повреждается и гибнет в результате образования кристаллов льда, а в случае слишком высокой температуры, происходит денатурация белков). Верхним температурным пределом жизни является +120–140° С (споры, бактерии), нижним – от –190 до –273° С (споры, семена).

По отношению к температуре организмы условно делят на *криофилов* (обитающих в условиях низких температур) и *термофилов* (обитающих в условиях высоких температур).

У подавляющего числа живых существ температура тела может изменяться в зависимости от температуры окружающей среды. Такие организмы не способны регулировать свою собственную температуру и называются *пойкилотермными* (микроорганизмы, растения, беспозвоночные и низшие позвоночные животные). Температура их тела обычно на 1–2° С выше температуры окружающей среды или равна ей. Организмы, способные поддерживать постоянную оптимальную температуру тела независимо от температуры среды, называются *гомойотермными* (птицы и млекопитающие). Среди гомойотермных организмов выделяют группу *гетеротермных организмов* – организмов, которые в период активности обладают постоянной температурой тела, а в период отдыха или зимней спячки она значительно понижается. У живых организмов различают три механизма терморегуляции: *химическая* (изменение величины теплопродукции за счет изменения интенсивности обмена веществ), *физическая* (изменение величины теплоотдачи) и *этологическая* (избегание условий с неблагоприятными температурами).

Морфологические адаптации животных по отношению к температуре подчиняются нескольким правилам, распространяющимся на организмы, обитающие в разных широтах:

– *правило Бергмана*: по мере удаления от полюсов к экватору размеры близких в систематическом отношении животных с постоянной температурой тела увеличиваются, а с постоянной – уменьшаются;

– *правило Аллена*: у животных с постоянной температурой тела в холодных климатических зонах наблюдается тенденция к уменьшению площади выступающих частей тела.

Температуры, лежащие выше нижнего порога развития вида и не выходящие за пределы верхнего, получили название *эффективных*. Только они могут вывести организм из так называемого нулевого состояния и активизировать физиологические процессы. Для растений и пойкилотермных животных важно общее количество тепла, которое они могут получить из окружающей среды. Количество тепла, необходимое для развития, определяется *суммой эффективных температур*.

**1.4 Влажность как фактор среды** Вода – основа живой материи. Она обеспечивает протекание в организме процессов метаболизма и нормальное функционирование организма в целом. Одни организмы живут в воде, другие приспособились к постоянному недостатку влаги. Среднее содержание воды в клетках большинства живых организмов составляет около 70 %. Вода в клетке присутствует в двух формах: свободной (95 % всей воды клетки) и связанной (4–5 % связаны с белками).

Одной из основных характеристик воды как экологического фактора, а также климата и погоды является влажность воздуха. Наибольшее значение в жизни растений и животных имеют *абсолютная* и *относительная влажность* воздуха, а также *дефицит насыщения*.

*Абсолютная влажность воздуха* – это масса водяного пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха в граммах (в Беларуси колеблется от 1,5 г/м<sup>3</sup> зимой до 14 г/м<sup>3</sup> летом). Обычно она выражается через упругость водяного пара (давление водяного пара, которое удерживается в воздухе).

*Относительная влажность воздуха* характеризует степень насыщения воздуха водяными парами при определенной температуре и показывает в процентах соотношение абсолютной влажности и максимальной (масса водяного пара в граммах, способная создать полное насыщение 1 м<sup>3</sup> воздуха). В Беларуси среднегодовая относительная влажность воздуха – около 80 %, максимальная среднемесячная в ноябре–декабре – 88–90 %, минимальная в мае – 65–70 %. При тумане она достигает 100 %. Максимальное значение относительная влажность имеет перед восходом солнца, минимальное – в 15–16 ч.

Наибольшее значение для организмов имеет *дефицит насыщения* воздуха водяными парами, т. е. разность между максимальной и абсолютной влажностью при определенных температуре и давлении. Дефицит насыщения наиболее четко характеризует испаряющую силу воздуха и для экологических исследований играет особую роль.

По отношению к влажности среди растений выделяют следующие экологические группы:

1 *Гидатофиты* – растения, полностью или большей своей частью погруженные в воду. Листовая пластинка у них тонкая, часто сильно рассечена. Имеются плавающие листья с хорошо развитой аэренхимой. Корни сильно редуцированы. Цветки располагаются над водой. Созревание плодов идет под водой. Это обычные водные растения (кувшинка, кубышка, стрелолист, элодея, рдест, валлиснерия).

2 *Гидрофиты* – наземно–водные растения. Растут по берегам водоемов. Имеют хорошо развитую проводящую и механическую ткани. Хорошо выражена аэренхима, имеется эпидермис с устьицами (тростник, частуха, рогоз, вахта, калужница).

3 *Гигрофиты* – наземные растения, приуроченные к избыточно увлажненным местообитаниям, где воздух насыщен водяными парами, имеют водяные устьица для выделения воды. Листья часто тонкие. Обводненность тканей высокая. Это рис, росянка, сердечники, подмаренник, чистяк.

4 *Мезофиты* – растения местообитаний с умеренным увлажнением. В наших условиях это наиболее обширная экологическая группа растений (клевер, ландыш, майник, папоротник орляк, осина, береза, клен, ольха и др.).

5 *Ксерофиты* – растения, приспособившиеся к местам с засушливым климатом и способные переносить большой недостаток влаги. Способны регулировать водообмен. Среди них выделяют две подгруппы, имеющие разные стратегии приспособления к условиям жизни при дефиците влаги:

а) *суккуленты* – растения с сильно развитой водозапасающей паренхимой, листьями или стеблями с толстой кутикулой, восковым налетом, погруженными устьицами и неглубокой корневой системой (кактусы, очитки, молочай, молодило);

б) *склерофиты* – растения, сухие на вид. Листья узкие, иногда свернуты трубочкой, часто сильно опушены. В клетках преобладает связанная вода. Без вредных последствий могут терять до 25 % влаги. Сосущая сила корней у этих растений составляет несколько десятков атмосфер (ковыли, полыни, саксаул, верблюжья колючка, оливковое дерево, пробковый дуб).

Среди животных выделяют следующие экологические группы:

1 *Гигрофилы* – животные, обитающие в переувлажненных участках или по берегам водоемов и болот (озерная лягушка, жабы, выдра, норка, жуки–прицепыши и др.).

2 *Мезофилы* – животные, обитающие в нормально увлажненных условиях. Как и у растений это наиболее обильно представленные

группы животных (лиса, лось, медведь, зяблики, дрозды, большинство жужелиц, дневных бабочек и др.).

3 *Ксерофилы* – животные, обитающие в аридных условиях. Это, в первую очередь, степные и пустынные виды (страусы, дрофы, вараны, верблюды, жуки–чернотелки, жуки–скакуны, некоторые змеи).

### **Вопросы для самоконтроля:**

1 Что такое экологический фактор? Какие экологические факторы выделяют?

2 Охарактеризуйте свет как абиотический фактор.

3 Какие экологические группы растений и животных по отношению к свету выделяют?

4 Раскройте смысл понятия «фотопериодизм».

5 Расскажите о температуре как абиотическом факторе среды.

6 Выделите экологические группы растений и животных по отношению к температуре.

7 Охарактеризуйте влажность как абиотический фактор среды.

8 Абсолютная и относительная влажность, дефицит увлажнения.

8 Расскажите об экологических группах растений и животных по отношению к влажности.

### **Лабораторная работа 1 Свет как экологический фактор среды**

**Цель:** изучение адаптивных реакций растений на свет

**Материал и оборудование:** зафиксированные в спирте листья кислицы, майника, мать–и–мачехи, пижмы; живые или фиксированные в спирте листья сирени (липы, вяза), собранные с наружной части кроны и внутри ее; гербарные образцы этих же листьев. Микроскопы, предметные и покровные стекла, флороглюцин, судан III, лезвия безопасной бритвы, карандаши, альбомы.

#### ***Ход работы***

1 Приготовьте поперечные срезы, рассмотреть под микроскопом. По анатомическому строению листа выделите гелиофиты и сциофиты.

2 Свяжите строение листьев с условиями мест обитания растений. Найдите сходные черты у растений одной экологической группы и

черты различий у этих же представителей. Сравните детали строения эпидермы у листьев пижмы и мать–и–мачехи. Объясните, в чем их адаптивность.

3 Составьте и заполните таблицу, внося в нее названия исследованных растений и характеристики отдельных признаков строения листьев: толщины листа, строения эпидермы, губчатой, палисадной, механической ткани.

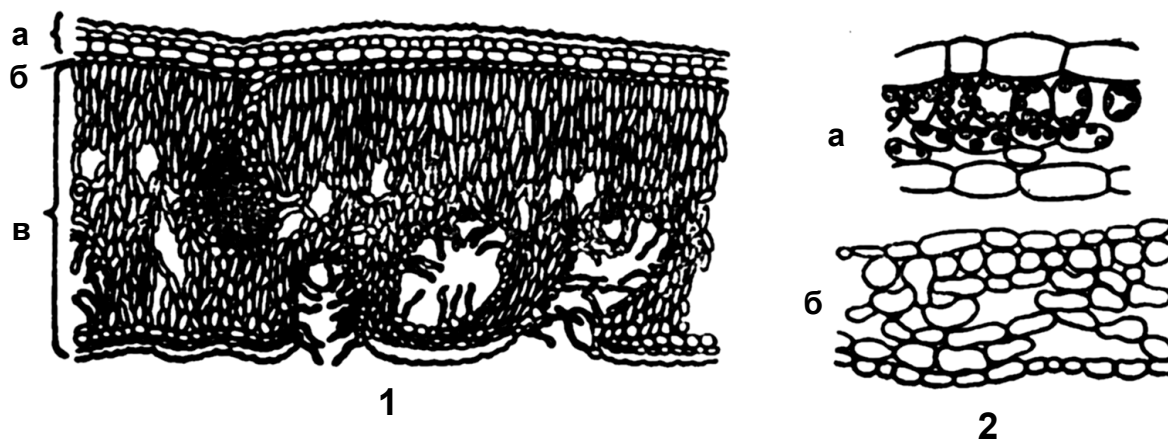


Рисунок 2 – Структура листьев гелиофитов и сциофитов: 1 – участок поперечного среза листа олеандра: (а – двуслойный эпидермис с кутикулой, б – гиподерма, в – изопалисадный мезофилл; углубления нижней стороны листа с устьицами и волосками); 2 – поперечные срезы частей листа клеицы (а) и майника двулистного (б) [13]

4 Зарисуйте рисунок 2 в альбом.

5 Ответьте на следующие вопросы и запишите ответы в альбом:

А) Какие особенности строения эпидермиса есть у растений–гелиофитов? Какую экологическую роль они выполняют?

Б) Какие особенности строения эпидермиса есть у растений–сциофитов? Какую экологическую роль они выполняют?

6 Сравните внешний вид теневых и световых листьев сирени, обратите внимание на степень развития жилок, толщину и окраску листа.

7 Сделайте поперечные срезы теневых и световых листьев. Обрабатывайте флороглюцином и суданом III. Рассмотрите под микроскопом, отмечая относительную толщину листовой пластинки, степень развития эпидермы и кутикулы, механической, палисадной и губчатой ткани, степень развития межклетников.



8 Перерисуйте рисунок 3 в альбом.

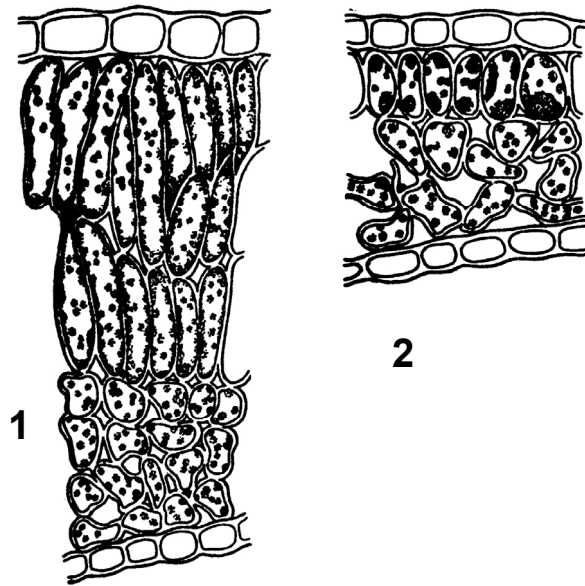


Рисунок 3 – Поперечный срез светового (1) и теневого (2) листа сирени [13]

9 Ответьте письменно на следующие вопросы:

А) В чем адаптивный смысл наличия у одного и того же древесного растения одновременно и теневых, и световых листьев?

Б) У каких видов деревьев можно предполагать большой диапазон различий между теневыми и световыми листьями – белой акации, дуба, бука? Объясните почему.

В) Можно ли ожидать таких же различий в структуре листьев травянистых растений? У каких в большей мере?

Г) Станут ли теневые листья световыми, если удалить затеняющую их часть кроны дерева?

## Лабораторная работа 2 Температура как экологический фактор среды

**Цель:** изучение адаптивных реакции пойкилотермных животных на воздействие температуры

**Материал и оборудование:** культура тироглифоидных клещей *Acoledon absoloni* или других членистоногих схожих по простоте разведения и содержания, чашки Петри, фильтровальная бумага, препаровальные иглы, микроскопы МБС, таблицы, плакаты фаз развития клещей, альбомы, цветные и простой карандаши, ручка.

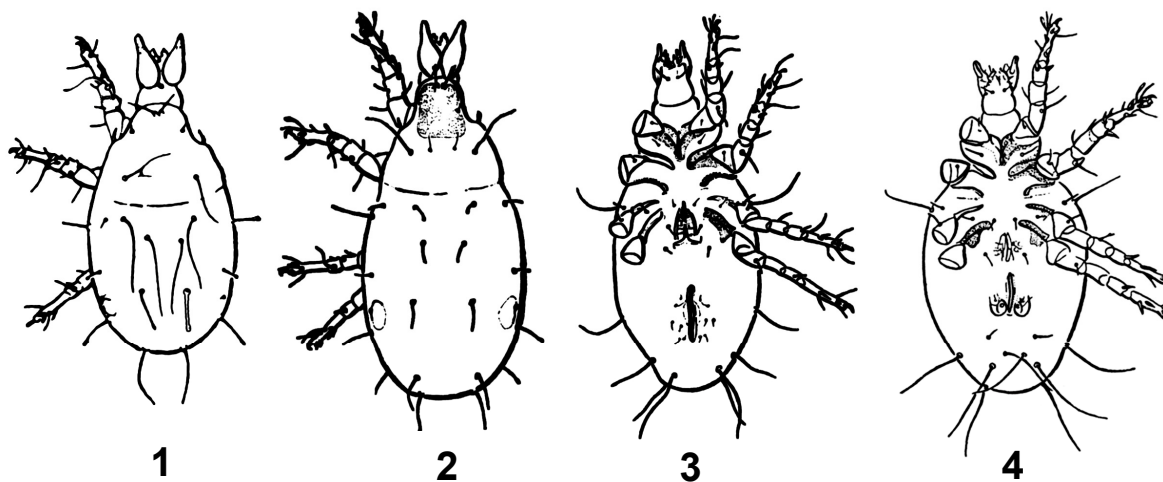


Рисунок 4 – Тироглифоидные клещи *Acoledon absoloni*: 1–личинка (вид сверху); 2–телеонимфа (вид сверху); 3–самка (вид снизу); 4 – самец (вид снизу) [13]

*Примечание:* за неделю до занятия ставят опыт в чашках Петри, на дно которых помещают несколько слоев фильтровальной бумаги для поддержания влажности среды. В центр каждой чашки помещают по две самки и два самца, выведенных из одновременно перелинявших гипопусов, и нужное количество корма (хлеба). Часть чашек с клещами держат при комнатной температуре, а часть – в термостате при температуре около 30° С. Самки начинают откладывать яйца на третьи сутки имагинальной жизни. Репродукционный период продолжается не менее двух недель. Время развития от яйца до взрослого клеща при комнатной температуре от 7 до 10 суток, при 30° С – около 5 суток. На восьмой день опыта при повышенной температуре в чашках Петри должны появиться половозрелые особи новой генерации, при комнатной температуре из отложенных яиц разовьются лишь личинки или протонимфы.

### ***Ход работы***

1 Задание выполняется бригадами по два человека. Проанализируйте возрастной состав клещей в двух чашках Петри (по одной из каждого варианта опыта).

2 Отметьте общее число клещей, количество взрослых половозрелых форм, личинок, протонимф и телеонимф используя для определения фазы развития рисунок 4. Объединить данные в таблицу 2:

Таблица 2 – Возрастной состав популяции, полученной от 2 пар клещей за 8 дней при разной температуре:

Фаза развития	Число особей	
	при 17–20° С	при 30° С
Личинки		
Протонимфы		
Телеонимфы		
Имаго		
Всего клещей		

3 Используя данные таблицы 3 постройте столбчатые диаграммы сроков развития *A. absoloni* при различной температуре.

Таблица 3 – Сроки развития *A. absoloni* при различной температуре, сутки

Температура	Яйцо	Личинка	Протонимфа	Телеонимфа	Всего
17–22° С	2,9	2,6	1,8	1,1	8,4
27° С	1,7	1,1	1,1	1,0	4,8

4 Сделайте сравнительный анализ полученного рисунка.

5 Используя данные таблицы 4 постройте столбчатые диаграммы преимагинальной смертности *A. absoloni* при различной температуре:

Таблица 4 – Преимагинальная смертность *A. absoloni* при различной температуре, %

Температура	Яйцо	Личинка	Протонимфа	Телеонимфа	Всего
17–22° С	43,0	38,8	24,0	18,4	78,4
27° С	19,7	16,9	30,5	9,6	56,3

6 Сделайте сравнительный анализ полученного рисунка.

7 Ответьте письменно на следующие вопросы:

А) Как температура влияет на жизнеспособность пойкилотермных животных;

Б) Какую температуру можно считать оптимальной для развития *A. absoloni*?

## Лабораторная работа 3 Влажность как экологический фактор

**Цель:** выявление морфоанатомических приспособлений у растений к условиям обитания с различным режимом увлажнения

**Материал и оборудование:** рдест курчавый (подводный стебель и листья), клевер луговой, ковыль, алоэ (листья). Микроскопы, предметные и покровные стекла, лезвия безопасной бритвы, карандаши, альбомы.

### Ход работы

1 Приготовьте поперечные срезы частей растений. Для рдеста выбирайте участки в центральной части листа, а у листа алоэ срежьте краевую часть с участком прилегающих мягких тканей.

2 Последовательно рассмотрите поперечные срезы, обращая внимание на степень развития признаков, указанных в таблице 5.

3 Используя данные выполненных срезов, а также рисунков 5–8 составьте и заполните таблицу взяв за основу таблицу 5.

4 Перерисуйте поперечные срезы растений, указанных в таблице, в лабораторный альбом.

Таблица 5 – Морфоанатомические адаптации растений для обитания в условиях с разным характером увлажнения

Характеристика растений	Рдест	Клевер	Ковыль	Алоэ
Толщина эпидермиса с кутикулой				
Развитие механической ткани				
Палисадная ткань (число слоев, величина и форма клеток)				
Губчатая паренхима (степень развития)				
Аэренхима				
Положение устьиц				
Наличие волосков на поверхности листа				
Условия обитания растения				
Экологическая группа растений				

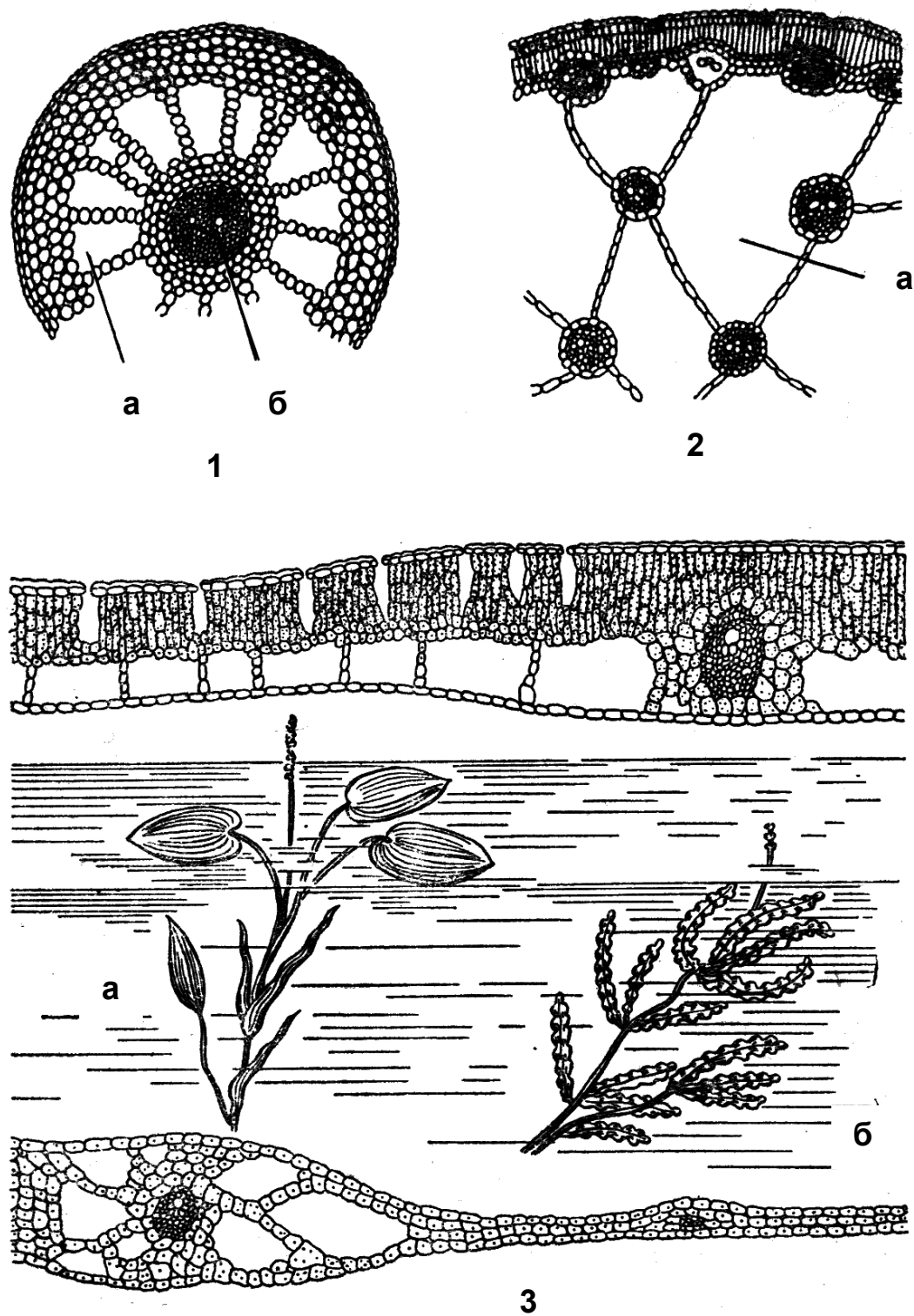


Рисунок 5 – Анатомические особенности гидатофитов и гидрофитов: 1 – поперечный срез стебля урути (а – межклеточник в первичной коре, б – сосуды центрального цилиндра); 2 – часть поперечного среза стебля камыша озерного: (а – крупные полости аэренхимы); 3 – части побегов рдеста плавающего (а) и рдеста курчавого (б). Вверху и внизу участки поперечных срезов их листьев [13]

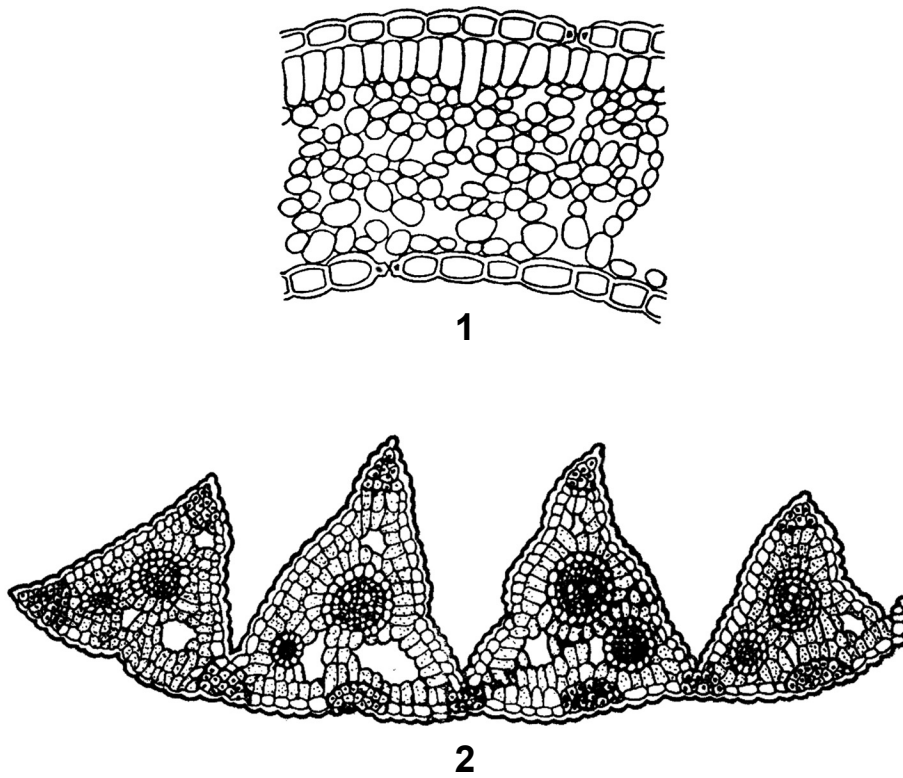


Рисунок 6 – Анатомия листа мезофитов: 1 – клевер луговой; 2 – щучка [13]

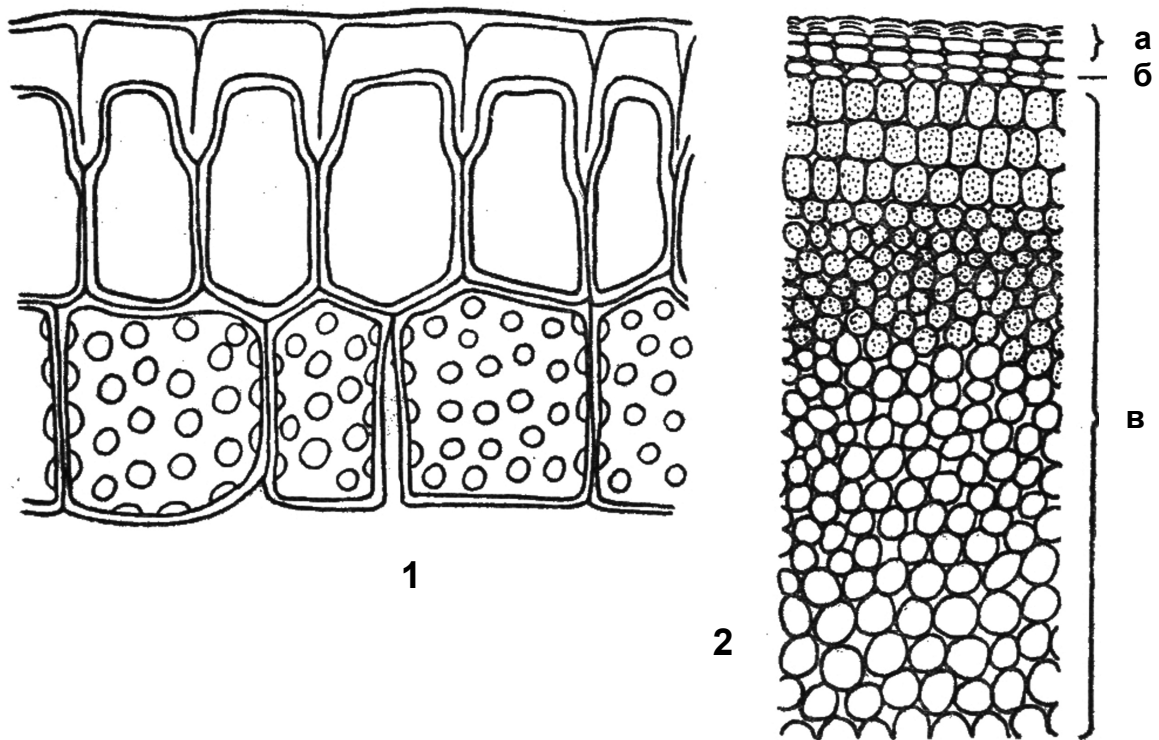


Рисунок 7 – Эпидермис листа алоэ (1) и часть поперечного среза стебля кактуса (2): а – эпидермис, б – гиподерма, в – первичная кора [13]

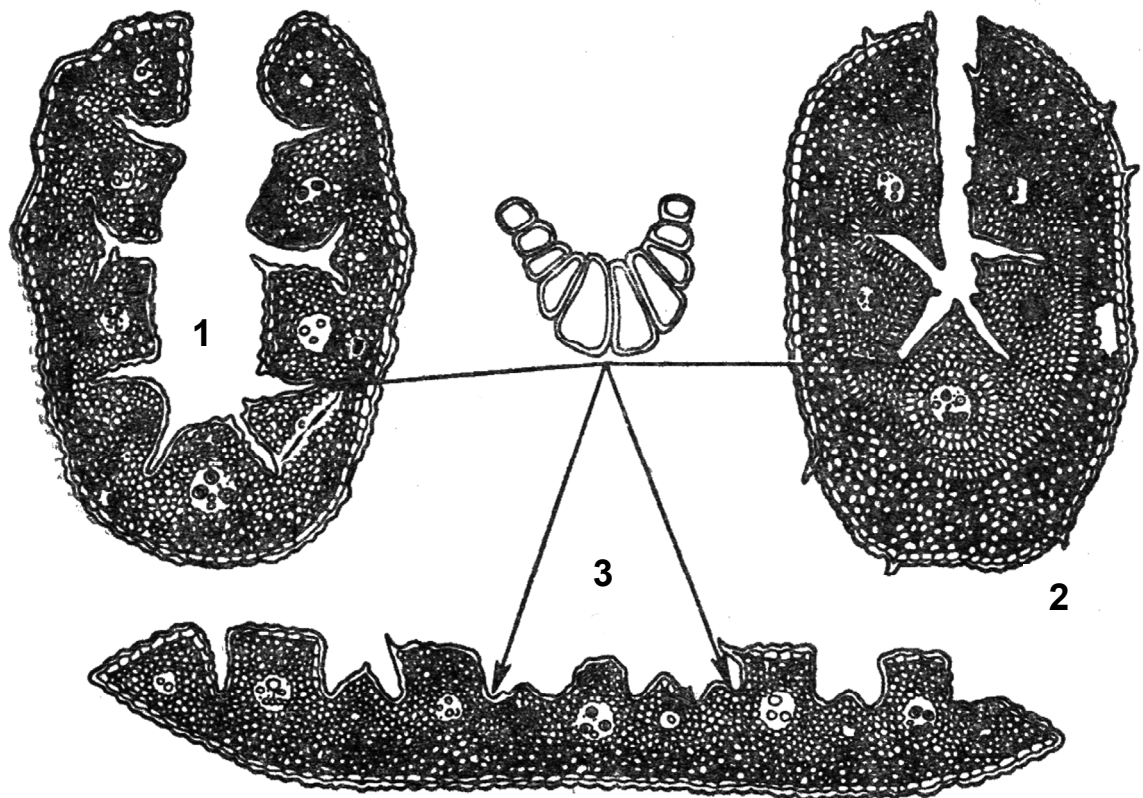


Рисунок 8 – Поперечный срез листа ковыля (1) и типчака (2), лист ковыля в развернутом виде (3). Стрелками показаны сочленовные клетки. В центре – то же, увеличено [13]

5 Ответьте письменно на следующие вопросы:

- А) В каких особенностях анатомического строения выражается приспособленность водных растений к среде?
- Б) В каких признаках выражается ксероморфность растений?
- В) Чем объяснить различия в строении листьев двух ксерофитных растений – ковыля и алоэ?
- Г) Какое экологическое значение имеет положение устьиц?

## Тема 2 Жизненные формы растений и животных

- 2.1 Понятие о жизненной форме
- 2.2 Жизненные формы растений
- 2.3 Жизненные формы животных

**2.1 Понятие о жизненной форме** Вся совокупность экологических факторов, характеризующих то или иное местообитание, в свою очередь требуют он населяющих его организмов выработки комплекса соответствующих приспособлений. В связи с этим в процессе своего

исторического развития как животные, так и растения приобрели специфические черты, затрагивающие особенности строения, обмена веществ, динамику жизненных процессов и т.п., многие из которых могут быть закреплены генетически. В этом случае популяции организмов из разных частей ареала могут различаться по ряду морфологических и экологических характеристик. Такие популяции принадлежат к разным экотипам.

*Экотип* – это совокупность особей любого вида организмов, приспособленная к условиям места обитания и обладающая наследственными признаками, обусловленными экологически. Их оптимум и диапазон толерантности четко соответствуют местным условиям. Некоторые ястребинки, например зонтичная (*Hieracium umbellatum*), растущие в лесу, – прямоствольные, высокие. Растения этого же вида с песчаных полей – распростертые, низкие, а экземпляры с песчаных дюн занимают промежуточное положение.

Среди приспособлений живых организмов к среде особую роль играют морфологические адаптации и изменения в наибольшей степени затрагивают те органы, которые находятся в непосредственном контакте с внешней средой. Морфологический тип приспособления животных или растений к основным факторам местообитания и определенному образу жизни называется *жизненной формой*. Жизненные формы определяют приспособленность организмов к комплексу факторов (в отличие от экологических групп, характеризующих приспособление к отдельным факторам), к специфике местообитания.

**2.2 Жизненные формы растений** Существует множество классификаций жизненных форм растений и животных. Среди растений чаще всего используют классификацию, предложенную датским ботаником К. Раункиером (1903 г.). Он выделил 5 жизненных форм растений на основании одного признака – расположения почек возобновления относительно земной поверхности (рисунок 9).

– *фанерофиты* (Ph) – почки и концевые побеги у них расположены на концах ветвей и находятся на некотором расстоянии от земли (выше 30 см). Главным образом это деревья и крупные кустарники;

– *хамефиты* (Ch) – мелкие кустарники, кустарнички и низкорослые суккуленты, у которых почки возобновления расположены низко над поверхностью почвы (менее 25 см). Почки защищены от действия неблагоприятных факторов близостью к земле. Растения эти преобладают в районах с холодным климатом;



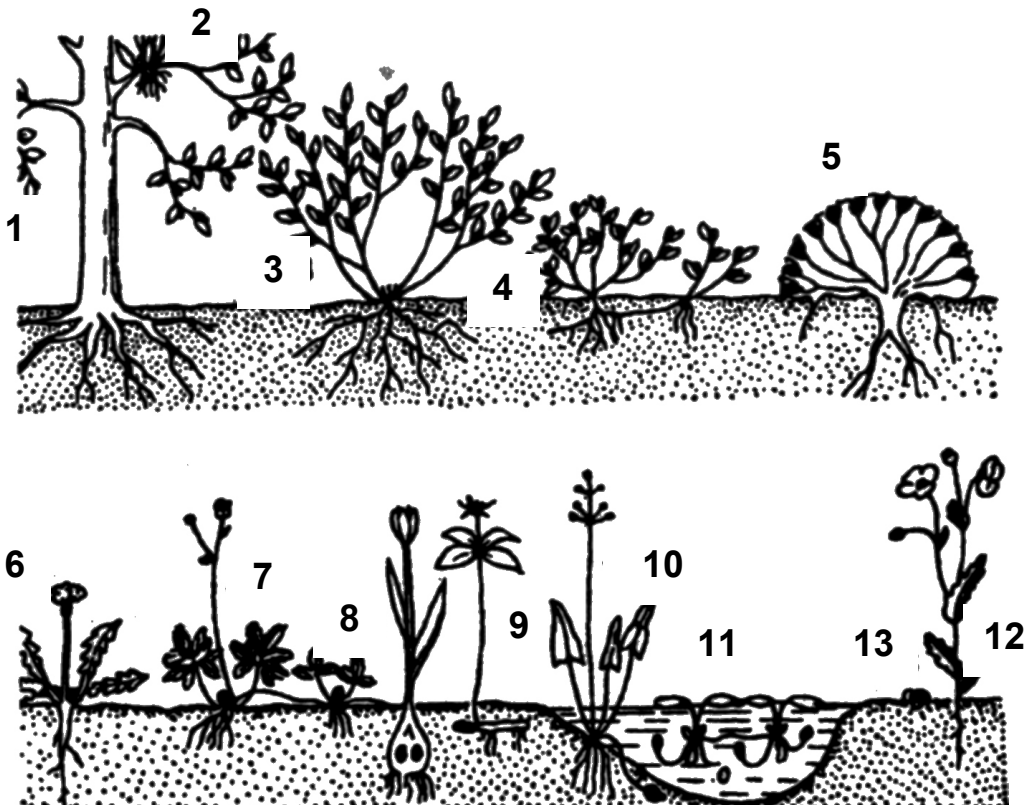


Рисунок 9 – Жизненные формы по Раункиеру. 1–3 – фанерофиты; 4, 5 – хамефиты; 6, 7 – гемикриптофиты; 8–11 – криптофиты; 12, 13 – терофит (13 – семя с зародышем) [8]

– *гемикриптофиты* (НК) – растения, отмирающие в верхней части при наступлении неблагоприятных условий. Вегетативные почки защищены землей и отмершей листвой. Характерны для холодных влажных областей, например – тундры. Сюда относят большинство многолетних трав;

– *криптофиты* (К) – почки целиком погружены в почву (геофиты) или находятся под водой (гелофиты и гидрофиты) и формируются в луковице, корневище, клубнях;

– *терофиты* (Th) – однолетние травянистые растения, отмирающие при неблагоприятных условиях. Возобновление идет за счет семян.

В последнее время выделяют еще группу эпифитов (которую сам К. Раункиер не рассматривал) т.е. растений поселяющихся на других растениях (омела, плющ, хмель и др.).

Существует также классификация жизненных форм покрытосеменных, предложенная И. Г. Серебряковым. Она базируется на эколого–морфологических признаках и в ее основу положен признак длительности жизни всего растения, как наиболее отражающий влияние внешних условий на морфогенез и рост, а также структура надземных осей.



Рисунок 10 – Жизненные формы трав по И.Г. Серебрякову: 1 – сте-  
ржнекорневое; 2 – кистекарневое; 3 – короткокорневищное; 4 – корне-  
отпрысковое; 5 – дерновинное; 6 – столонообразующее; 7 – длиннокор-  
невищное [13]

По этой классификации выделяют:

*Отдел А. Древесные растения*  
I тип. Деревья  
II тип. Кустарники  
III тип. Кустарнички  
*Отдел Б. Полудревесные*  
IV тип. Полукустарники и полукустарнички

*Отдел В. Наземные травы*  
V тип. Поликарпические травы  
VI тип. Монокарпические травы  
*Отдел Г. Водные травы*  
VII тип. Земноводные травы  
VIII тип. Плавающие и подводные травы

Сами наземные травы И.Г. Серебряков также классифицировал на ряд форм (рисунок 10):

*Стержнекорневые травянистые поликарпики*: одноглавые, многоглавые, перекати-поле, подушковидные.

*Кистекоорневые и короткокорневищные травянистые поликарпики*: кистекоорневые, короткокорневищные.

*Дернованные травянистые поликарпики*: плотнокустовые, рыхлокустовые, длиннокорневищные.

*Столонообразующие и ползучие травянистые поликарпики*.

*Клубнеобразующие травянистые поликарпики*.

*Корнеотпрысковые травянистые поликарпики*.

**2.3 Жизненные формы животных** Классификация жизненных форм животных более сложна. Здесь приходится учитывать ряд таких показателей, которые не характерны растениям. В связи с этим, для многих групп животных классификация жизненных форм к настоящему времени не разработана. Наиболее часто используются классификация животных, предложенная Д.Н. Кашкаровым (1945), который классифицировал жизненные формы животных по характеру передвижения в разных средах:

*I. Плавающие:*

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

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

*II. Роющие:*

1. Абсолютные землерои (всю жизнь обитают в земле)

2. Относительные землерои (выходят 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 из воздуха.

Самые широкие спектры жизненных форм принадлежат насекомым. Существует ряд их классификаций. Наиболее часто используется следующая:

1) *Геобионты* – обитатели почвы. Выделяют более мелкие группы: ризобионты (связаны с корневой системой растений), сапробионты (обитатели разлагающихся органических остатков), копробионты (обитатели навоза), ботробионты (обитатели нор), планофилы (часто и активно передвигающиеся);

2) *Эпигеобионты* – обитатели открытых участков поверхности почвы. Среди них выделяются: псаммобионты (обитатели песков), петробионты (обитатели каменистых участков), галобионты (жители засоленных участков);

3) *Герпетобионты* – живут среди растительных и других органических остатков на поверхности почвы (под опавшей листвой, в подстилке).

4) *Хортобионты* – обитатели травяного покрова.

5) *Тамнобионты* – обитатели кустарников.

6) *Дендробионты* – обитатели древесного яруса.

7) *Гидробионты* – обитатели водной среды.

Более сложна классификация жизненных форм у жуков из семейства жужелиц, разработанная доктором биологических наук И.Х. Шаровой. В ее основу положены не только морфологические признаки отдельных видов, среда их обитания, но и тип питания. Семейство делится на класс зоофагов и класс миксофитофагов (смешанное питание). В каждом классе выделяются группы и подгруппы в зависимости от того, какую среду предпочитают эти жуки для своего обитания.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1 Раскройте понятие «жизненная форма».

2 Что положено в классификацию жизненных форм растений по Раункиеру? Охарактеризуйте эти жизненные формы.

3 Что положено в классификацию жизненных форм растений по Серебрякову? Охарактеризуйте эти жизненные формы.

4 Какие жизненные формы животных выделяют? Приведите примеры классификаций.

## Лабораторная работа 1 Жизненные формы растений

**Цель:** выявление морфологических особенностей и адаптации растений разнообразных жизненных форм к произрастанию в различных местообитаниях, рассмотрение сущности основных классификаций жизненных форм растений.

**Материал и оборудование:** гербарный материал или рисунки (рисунк 11) следующих растений: козелец, смолевка, качим, подушковидные (*Saxifraga*, *Draba* или другие виды), калужница болотная, ветреница лютиковая, ковыль, овсяница луговая, осока волосистая, земляника лесная, лапчатка, щавелек, карандаши, альбомы.

### Ход работы

1 Внимательно рассмотрите внешний облик растений, особое внимание обратите на строение подземных органов.

2 На основе внешнего строения распределите ниже приведенные виды по категориям жизненных форм, разработанных К. Раункиером (для справки можно воспользоваться рисунком 9):

крушина ломкая, живучка ползучая, ежа сборная, лютик едкий, сныть обыкновенная, одуванчик обыкновенный, черника, ежевика, мятлик, мхи, овсюг, седмичник европейский, ольха, береза, паслен сладко-горький, сирень, калина, ландыш майский, крапива двудомная, гусиный лук, ветреница дубравная, хмель, ель, плющ обыкновенный, брусника, тимopheевка, лисохвост, сосна, малина (а также растения, представленные на рисунке 11).

3 Заполните таблицу 6:

Таблица 6 – Жизненные формы растений по Раункиеру

Жизненная форма	Пример растения
Фанерофиты	
Хамефиты	
Гемикриптофиты	
Криптофиты	
Терофиты	
Эпифиты	

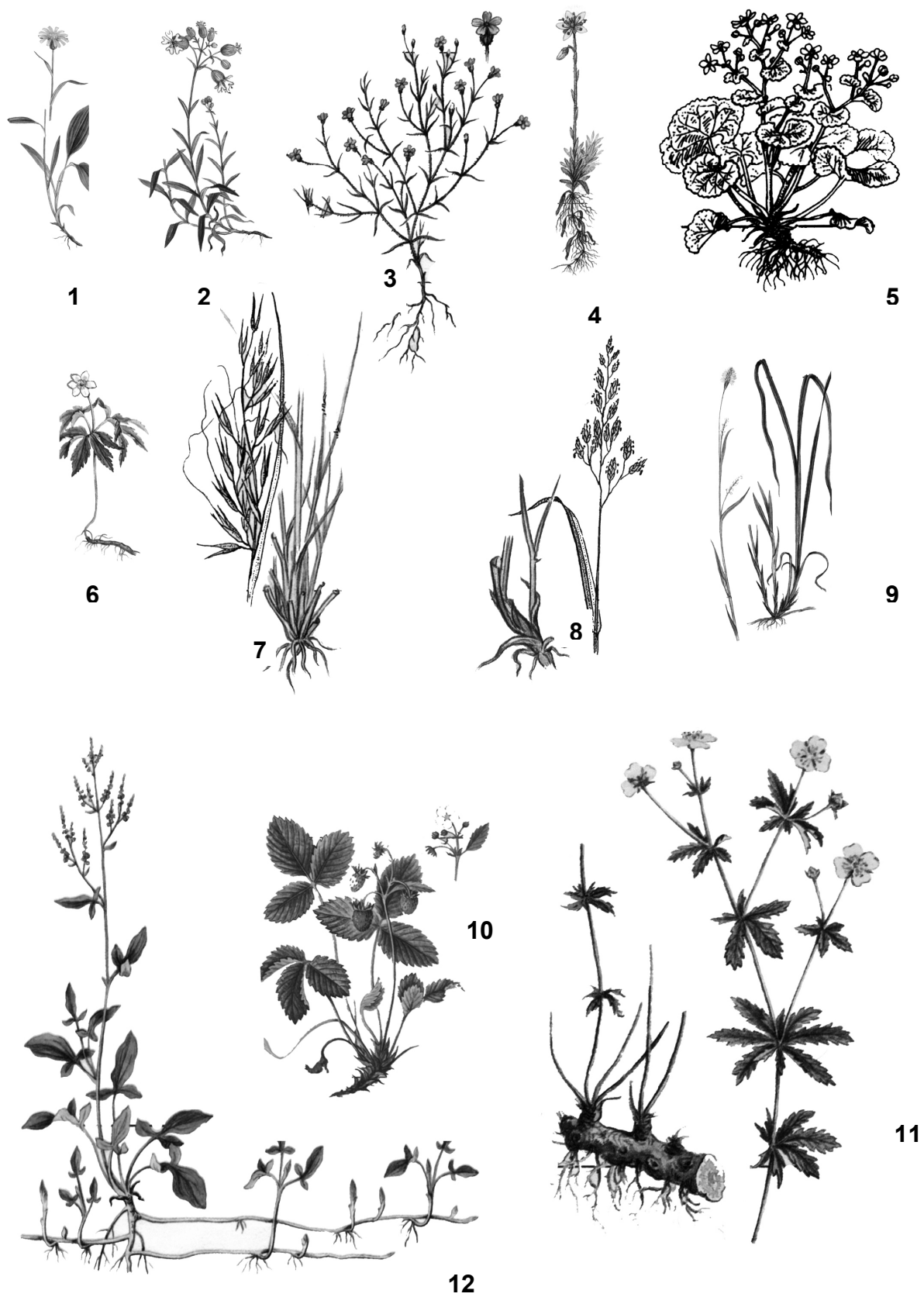


Рисунок 11 – Растения: 1 – козелец; 2 – смолевка; 3 – качим; 4 – камнеломка; 5 – калужница; 6 – ветреница; 7 – ковыль; 8 – овсяница; 9 – осока; 10 – земляника; 11 – лапчатка; 12 – щавелек

4 Используя рисунки растений (рисунок 11) определите их жизненную форму по И. Г. Серебрякову и заполните таблицу 7 (для справки можно воспользоваться рисунком 10):

Таблица 7 – Жизненные формы растений по Серебрякову

Жизненная форма	Пример растения
Стержнекорневые травянистые поликарпики	
Кистеконовые и короткокорневищные травянистые поликарпики	
Дернованные травянистые поликарпики	
Столонообразующие и ползучие травянистые поликарпики	
Клубнеобразующие травянистые поликарпики	
Корнеотпрысковые травянистые поликарпики	

5 Ответьте письменно на следующие вопросы и запишите ответы в лабораторный альбом:

- А) В каких условиях адаптивна форма растений перекаати–поле?
- Б) Почему подушковидные растения распространены преимущественно в высоких широтах и высокогорье?
- В) Почему плотнодерновинные злаки характерны в основном для степей и болот?
- Г) В каких условиях проявляется преимущество длинностержнекорневых растений?
- Д) В каких условиях водоснабжения обитают обычно кистеконовые растения?
- Е) Какие почвы наиболее удобны для длиннокорневищных трав – рыхлые и увлажненные или плотные и сухие?

## Лабораторная работа 2 Жизненные формы животных

**Цель:** выявление морфологических особенностей и адаптации животных разнообразных жизненных форм к обитанию в различных местообитаниях, рассмотрение сущности основных классификаций жизненных форм животных.

**Материал и оборудование:** чучела и тушки млекопитающих (бурндука, суслика, полевки и т. д.). Таблицы и определители с изображением китообразных, копытных, хищных и др. Коллекции жуужелиц, в которых представлены все жизненные формы, выделяемые И. Х. Шаровой, микроскопы МБС, альбомы, ручки, простые карандаши.

## *Ход работы*

1 Внимательно рассмотрите внешний облик млекопитающих, определите жизненные формы ниже перечисленных млекопитающих по Д. Н. Кашкарову и заполните таблицу 8 (для справки можете использовать рисунок 12):

крот, зубр, касатка, косуля, лось, хомяк, архар, волк, афалина, ночница, барс, шерстокрыл, медведь, тушканчик, благородный олень, кенгуру, ленивец, коала, вечерница, хорь, широкоушка, горбатый кит, тюлень, макака, дюгонь, барсук, крапчатый суслик, цокор, бурундук, летяга, куница, лемур, слепыш.

Таблица 8 – Жизненные формы млекопитающих

Жизненная форма	Пример
I. Плавающие: 1 Чисто водные 2 Полуводные	
II. Роющие 1 Абсолютные землерои 2 Относительные землерои	
III. Наземные формы 1 Не делающие нор (бегающие, ползающие, прыгающие) 2 Делающие норы (бегающие, ползающие, прыгающие) 3 Животные скал	
IV. Древесные лазящие формы	
V. Воздушные формы	

2 После таблицы проанализируйте роль среды в выработке конвергентного сходства животных разных систематических групп.

3 Рассмотрите внешний вид жуков–жужелиц как зоофагов, так и миксофитофагов, обитающих в разных ярусах биогеоценоза. Определите их жизненную форму, опираясь на данные и признаки, указанные в справочной таблице и рисунке 13.

4 Сравните жужелиц–зоофагов и жужелиц–миксофитофагов. Найдите различия во внешних особенностях строения жуков (оцените форму тела, головы, относительные размеры челюстей, строение ног).



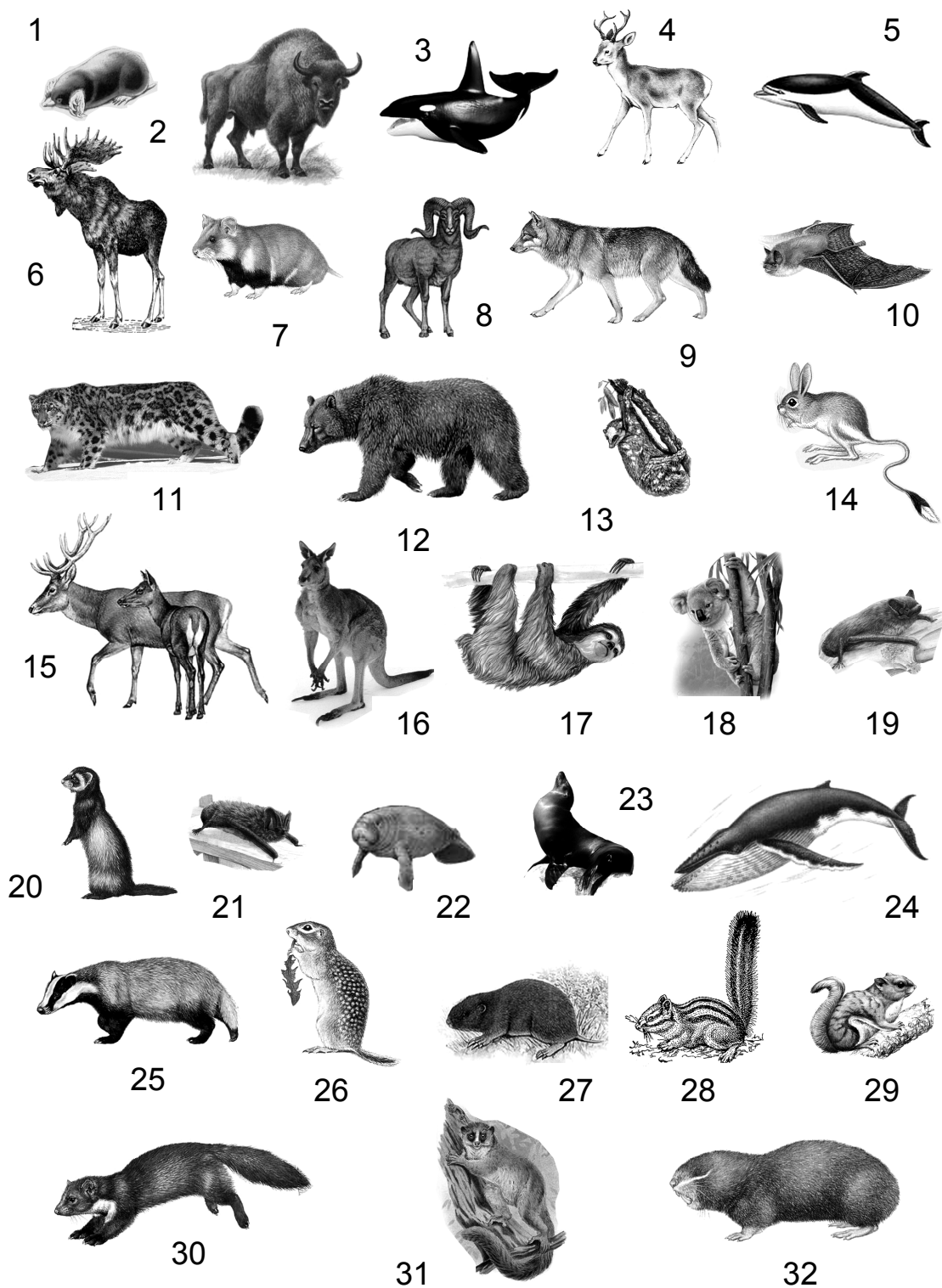


Рисунок 12 – Млекопитающие: 1–крот; 2–зубр; 3–косатка; 4–косуля; 5–афалина; 6–лось; 7–хомяк; 8–архар; 9–волк; 10–ночница; 11–барс; 12–медведь; 13–шерстокрыл; 14–тушканчик; 15–благородный олень; 16–кенгуру; 17–ленивец; 18–коала; 19–вечерница; 20–хорь; 21–широкоушка; 22–дюгонь; 23–тюлень; 24–горбатый кит; 25–барсук; 26–суслик; 27–цокор; 28–бурундук; 29–летяга; 30–куница; 31–лемур; 32–слепыш

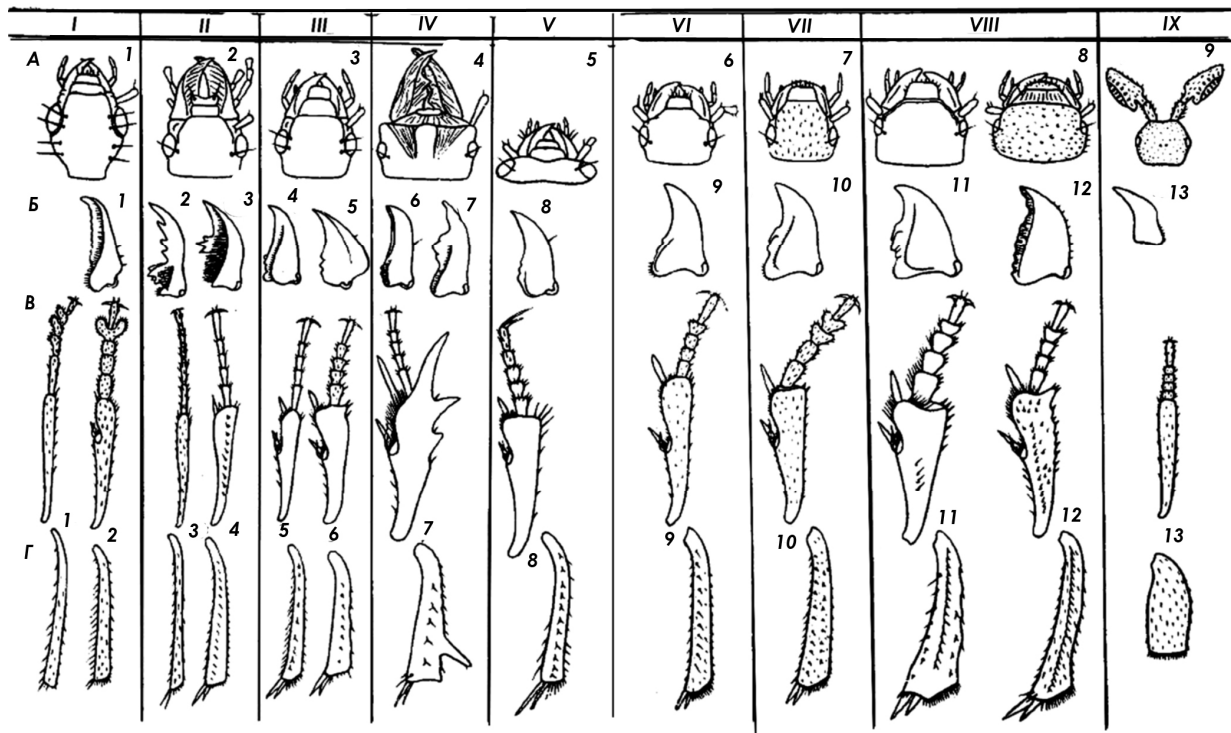


Рисунок 13 – Морфологическая характеристика жизненных форм имаго жуужелиц. Класс зоофаги (I–IX): I – подкласс фитобиос, II – эпигео-биос, III – стратобиос, IV – геобиос, V – псаммоколимбеты; класс миксо-фитофаги (VI–VIII): VI – подкласс стратобиос, VII – стратохортобиос, VIII – геохортобиос; класс симфилы (IX). А – голова сверху: 1 – *Odacantha*, 2 – *Calosoma*, 3 – *Calathus*, 4 – *Scarites*, 5 – *Omophon*, 6 – *Stenolophus*, 7 – *Ophonus*, 8 – *Zabrus*, 9 – *Ditomus*, 10 – *Paussus*; Б – мандибула левая снизу: 1 – *Drypta*, 2 – *Cicindela*, 4 – *Carabus*, 4 – *Calathus*, 5 – *Leistus*, 6 – *Broscus*, 7 – *Scarites*, 8 – *Omophon*, 9 – *Dichirotrichus*, 10 – *Pseudo-phonus*, 11 – *Amara (Curtonotus)*, 12 – *Ditomus*, 13 – *Paussus*; В, Г – голень и лапка передние, голень средняя: 1 – *Collyrls*, 2 – *Drypta*, 3 – *Cicindela*, 4 – *Carabus*, 5 – *Calathus*, 6 – *Molops*, 7 – *Clivina*, 8 – *Discoptera*, 9 – *Dichi-rotrichus*, 10 – *Ophonus*, 11 – *Zabrus*, 12 – *Chilotomus*, 13 – *Paussus*

5 Отметьте степень развития морфологических признаков и заполните таблицу 9.

6 После заполнения таблицы объясните в чем проявляется приспособительный характер разных признаков внешней морфологии у жуужелиц, специализированных на животной пище, и у растительноядных, у жуужелиц–зоофагов, приспособленных к жизни в разных ярусах?

Таблица 9 – Морфология жужелиц разных жизненных форм




Признаки	Зоофаги					Миксофитофаги		
	фитобиос	эпигеобиос	стратобиос	геобиос	псаммоколимбеты	стратобиос	стратохортобиос	геохортобиос
Форма тела								
Форма головы								
Форма ног								
Склеротизация покровов								
Окраска								





7 Ответьте письменно на следующие вопросы:

А) Какие морфологические приспособления чаще всего используют животные для обитания в почве, воде, в скалах?

Б) В чем выражаются основные адаптации мелких беспозвоночных при обитании в разных ярусах почвенного горизонта?

### ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ЖУЖЕЛИЦ (краткий справочник)

<p align="center"><b>I. Класс ЗООФАГИ</b></p> <p>Хищные жужелицы, составляют абсолютное большинство видов семейства Carabidae. У них, как правило, длинные острые челюсти (мандибулы) и развиты поведенческие адаптации к добыванию животной пищи.</p>	
<p><b>1) Подкласс Фитобионты лазающие</b> Хищные жужелицы, охотящиеся в растительном ярусе. Их основная общая особенность – лазательный тип ног в сочетании с развитыми крыльями и узкотелостью.</p>	
<p><i>а) Группа Хортобионты стеблевые</i> Охотятся на травянистой растительности. У них также узкое тело, ноги тонкие, длинные, с цепкой лапкой с узкими или расширенными члениками, хорошо развитыми крыльями и органами чувств.</p>	
<p><i>б) Группа Хортобионты листовые</i> жужелицы с расширенным телом, яркой окраской (иногда похожей на окраску листоедов), ноги бегательно-лазательные с цепкой лапкой.</p>	

<p><b>2) Подкласс Эпигеобионты бегающие и ходящие</b>  Жужелицы, для которых характерны ноги ходильного или бегательного типа. Тело выпуклое, высокое в поперечнике. Покровы сильно склеротизованы, часто со сложной скульптурой. Органы чувств хорошо развиты. Охотятся на поверхности почвы,</p>	
<p><i>а) Группа Эпигеобионты ходящие</i>  Отличаются крупными, реже средними размерами тела. Большинство из них утратили способность к полёту. Ноги ходильные с утолщенными бёдрами, голеньями с рядами шипиков и крупными, сильными коготками на лапках. Усики длинные, глаза средней величины. Окраска яркая у видов с дневной активностью и темная при ночной активности.</p>	
<p><i>б) Группа Эпигеобионты бегающие</i>  Более мелкие жуки. У них выпуклое тело, удлинённые тонкие ноги, крупные выпуклые глаза и яркая окраска как у всех дневных хищников.</p>	
<p><i>в) Группа Эпигеобионты бегающие–взлетающие</i>  Приспособлены к быстрому бегу со взлётом при охоте на подвижную добычу. У них очень длинные ноги (задние ноги превышают длину тела), хорошо развиты крылья, очень крупные выпуклые глаза. Это дневные хищники с яркой окраской.</p>	
<p><b>3) Подкласс Стратобионты бегающие и зарывающиеся</b>  Это обитатели почвенной подстилки из растительного опада, верхнего рыхлого слоя почвы, скважин и трещин в почве, в гальке, в норах млекопитающих или в пещерах. Характерны бегательные, бегательно–лазательные ноги с цепкой лапкой, или бегательно–копательные ноги с уплощённой голенью, вооружённой шипиками. Глаза средних размеров, реже редуцированы. Общей чертой является заметная уплощённость тела, иногда – относительно мягкие покровы и укороченные надкрылья. У некоторых крупных видов с более плотными покровами и крепкими ногами движение по скважинам сочетается с активным рытьём почвы головой и ногами.</p>	
<p><b>3.1 Серия Стратобионты–скважники</b></p>	
<p><i>а) Группа Стратобионты поверхностно–подстилочные</i>  Тело слабо уплощенное, покровы твёрдые. Ноги и усики чаще длинные, глаза нередко крупные. У жуков с дневной активностью окраска яркая. Виды с сумеречной активностью или охотящиеся под покровом растительности и подстилки обычно темно окрашены.</p>	

<p><i>б) Группа Стратобионты подстилочные</i> Тело уплощённое, покровы мягкие. Окраска тёмная или бурая. Глаза и усики средней величины. Ноги короче, чем у поверхностно–подстилочных форм. Живут в подстилке, активность преимущественно сумеречная.</p>	
<p><i>в) Группа Стратобионты подстильно–трещинные</i> Жуки с плоским телом, надкрылья укорочены, покровы мягкие. Укрываются в трещинах почвы, охотятся на поверхности ночью или днём. Хорошо летают. Органы чувств развиты. Ноги тонкие, бегательные.</p>	
<p><b>3.2 Серия Стратобионты зарывающиеся</b></p>	
<p><i>а) Группа Стратобионты подстильно–почвенные</i> Обитатели подстилки и почвы. Жуки мелких и средних размеров, с хорошо развитыми глазами и, часто, с развитыми крыльями. Покровы твёрдые.</p>	
<p><b>4) Подкласс Геобионты</b></p>	
<p>Это специализированные роющие жужелицы, активно прокладывающие ходы в почве. Ноги у них копательные, с зубцами по внешнему краю голени и крупными вершинными шпорами. Для геобионтов характерно цилиндрическое тело, гладкое и с хорошо выраженным сужением на границе передне– и среднегруди, что придаёт передней части тела подвижность при рытье. Главные органы рытья – крупная голова с лопатообразным наличником и передние ноги. Усики относительно короткие, нередко – чётко-видные.</p>	
<p><i>А) Группа Геобионты □ егающее–роющие</i> У них бегательно–опорные ноги без зубцов на передних голених. Главную функцию в рытье выполняет голова, плотно соединённая с переднегрудью. Перетяжка в области среднегруди обеспечивает копательные движения передней части тела. Ноги при рытье выполняют опорную функцию и служат для отгребания нарытой почвы.</p>	
<p><i>б) Группа Геобионты роющие</i> У них голени передних ног с зубцами; голова с мандибулами имеет лопатообразную форму. Головой и передними ногами эти жужелицы разрыхляют, а средними и задними ногами – отгребают почву.</p>	
<p><b>5) Подкласс Псаммоколимбеты</b></p>	
<p>Эти передвигающиеся (плавающие) в песке жужелицы с округло–обтекаемым телом и бегательно–отгребательными ногами. Они раздвигают влажный рыхлый песок округлым телом и отгребают его ногами.</p>	

## II. Класс МИКСОФИТОФАГИ

Включает жуужелиц со смешанным питанием – в их рацион входит растительная и животная пища. Среди них имеются и облигатные фитофаги. У них тело овальной или цилиндрической формы, ноги преимущественно бегательно–лазательные или бегательно–лазательно–копательные. У лазающих форм голени средних и задних ног щетинистые с цепкими лапками. У активно зарывающихся видов передние голени с крепкими шпорами и оттянутым внешним углом на вершине голени. Мандибулы у них в общем более короткие и массивные, чем у зоофагов.

### *а) Группа Стратобионты бегающе–лазающие*

Это миксофитофаги, обитающие в подстилке и в скоплениях отмерших растительных остатков, преимущественно во влажных местах. В основном мелкие жуужелицы. У них стройное, слабо уплощенное тело, покровы часто относительно мягкие. Ноги тонкие, бегательно–лазательные, явных адаптаций к рытью у них нет. Большинство видов, особенно населяющих приводные местообитания, хорошо летают.



### *б) Группа Геохортобионты бегающе–лазающие–роющие*

Среди них наиболее часты случаи облигатной фитофагии. Обитают в почве или на её поверхности и способны лазать по растениям и поедать семена. Ноги бегательно–лазательно–копательные или бегательно–лазательные с хорошо развитыми адаптациями к рытью. выделяют 3 подгруппы видов с разным габитусом и своеобразными адаптациями к рытью и лазанию по растениям: гарпалоидные, заброидные и дитомоидные.



### –Подгруппа геохортобионты гарпалоидные

Включает фитофагов со смешанным питанием, закапывающихся при помощи роющих передних ног с острыми наружными углами на голених. Средние и задние ноги щетинистые, служат для лазания по растениям и отгребания нарытой почвы. Лапки цепкие, способные удерживать тело при лазании по растениям



## Тема 3 Популяция

### 3.1 Понятие о популяции, классификация популяций

### 3.2 Статические характеристики популяции

### 3.3 Динамические характеристики популяции

**3.1 Понятие о популяции, классификация популяций** Прежде чем вести разговор о популяции необходимо дать определение понятию «вид». *Видом* называют совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, способных к скрещиванию с образованием плодovитого потомства, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область (ареал). В пределах ареала особи вида распределены не равномерно, а группами – популяциями. Общая целостность вида поддерживается связями между различными популяциями.

Таким образом, *популяция* – это совокупность особей одного вида, способных к самовоспроизводству, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида. Контакты между особями (и, следовательно, уровень *панмиксии* – свободного скрещивания) одной популяции чаще, чем между особями разных популяций.

Существует масса подходов к классификации популяций: по размерам, степени генетической самостоятельности, длительности существования, способу размножения особей и др. Кратко рассмотрим основные из них.

**1) По размерам территории занимаемой популяцией и степени связи между особями:**

– *элементарная (локальная)* – наименьшая (элементарная) группировка особей, характеризующаяся практически полной панмиксией. Например, зяблики, обитающие в одной березовой роще.

– *экологическая* – совокупность пространственно смежных элементарных популяций. Например, зяблики, которые живут в близлежащих зеленых насаждениях.

– *географическая* – совокупность групп пространственно смежных экологических популяций. Например, зяблики всей лесной зоны.

**2) По способности к самовоспроизведению выделяют:**

– *перманентные (постоянные)* – популяции, относительно устойчивые в пространстве и во времени, способные к неограниченно длительному самовоспроизведению, являются элементарными единицами эволюции.

– *темпоральные (временные)* – популяции, неустойчивые в пространстве и во времени, неспособные к длительному самовоспроизведению, с течением времени либо преобразуются в перманентные, либо исчезают.

### **3) По способу размножения популяции делят на:**

– *панмиктические* – состоят из особей, размножающихся половым путем, для которых характерно перекрестное оплодотворение.

– *клональные* – состоят из особей, для которых характерно только бесполое размножение.

– *клонально–панмиктические* – образованы особями с чередованием полового и бесполого размножения.

**3.2 Статические характеристики популяции** Демонстрируют текущее состояние популяции, на данный момент времени. Наиболее основные из них: численность, плотность и показатели структуры.

*Численность* – это абсолютное или относительное число особей в популяции. Численность популяции может изменяться с течением времени, существенно зависит от биотического потенциала вида и внешних условий.

*Плотность* – это число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объема.

Каждая популяция характеризуется определенной структурой, т.е. – соотношением групп особей по полу, возрасту, размеру, генотипу, распределением особей по территории и т.д. На основании этого выделяют несколько популяционных структур:

– *половая (половой состав)* – соотношение особей мужского и женского пола в популяции. Характерна только для популяций раздельнополых организмов. Различают первичное, вторичное и третичное соотношения. Первичное соотношение – соотношение, наблюдаемое при формировании половых клеток (гамет). Обычно оно равно 1:1. Такое соотношение обусловлено генетическим механизмом определения пола. Вторичное соотношение – соотношение, наблюдаемое при рождении. Третичное соотношение – соотношение, наблюдаемое у взрослых половозрелых особей.

– *возрастная (возрастной состав)* – соотношение в популяции особей разных возрастных групп. Бывает абсолютный и относительный. Абсолютный возрастной состав выражает численность определенных возрастных групп в конкретный момент времени. Относительный возрастной состав выражает долю или процент особей данной возрастной группы по отношению к общей численности популя-



ции. В зависимости от способности особей к размножению различают три группы: *предрепродуктивную* (особи еще не способные размножаться), *репродуктивную* (активно размножающиеся особи) и *пострепродуктивную* (особи, утратившие способность к размножению).

– *генетическая* – соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Чаще всего определяется при помощи закона Харди–Вайнберга. Однако его нужно использовать с осторожностью, так как в реально существующих популяциях его проявление не всегда соответствует действительности.

– *пространственно–этологическая* – выражает характер распределения особей в пределах ареала. Она зависит от ряда причин, но в большей степени от особенностей окружающей среды и поведения вида (этологии). Различают три основных типа распределения особей в пространстве:

А) *равномерное* – характеризуется равным удалением каждой особи от всех соседних. Типично для многих полевых и овощных культур, фруктовых деревьев в саду. Деревья в старом лесу тоже распределяются довольно равномерно. Этот тип распределения обусловлен прежде всего конкуренцией за какой–либо фактор среды.

Б) *агрегированное*, или *куртинно–групповое* – проявляется в образовании группировок особей, между которыми остаются большие незаселенные территории. Оно характерно для многих растений, животных (рыб, птиц, млекопитающих), ведущих стадный (групповой) образ жизни. Агрегации могут усиливать конкуренцию между организмами. Степень агрегации, при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции, варьирует у разных видов и в разных условиях. Поэтому как недонаселенность, так и перенаселенность могут оказать лимитирующее влияние – это так называемый *принцип Олли*.

В) *случайное* – выражается в неодинаковом расстоянии между особями. В своем большинстве присуще организмам, находящимся в однородной среде, когда отсутствуют какие–либо серьезные конкурентные отношения. Это наблюдается, например, у жителей донных илов, являющихся гомогенной (однородной) средой, личинок мучного хрущака в муке.

**3.3 Динамические характеристики популяции** Отражают процессы, протекающие в популяции за определенный промежуток времени. Основные из них: рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

*Рождаемость* характеризует скорость естественного восполнения популяции за счет размножения. Различают следующие виды рождаемости:

– *максимальную* (физиологическую) – теоретический максимум скорости рождения новых особей при отсутствии каких-либо факторов, способных сдерживать процессы размножения;

– *экологическую* (реализованную) – увеличение численности популяции при фактических условиях окружающей среды.

Рождаемость в экологических исследованиях обычно выражается либо как *абсолютная* – это скорость, определяемая путем деления числа вновь появившихся особей на время, либо как *удельная* – число появившихся потомков в единицу времени на 1 особь в популяции.

*Смертность* – количество особей, погибших в популяции за определенный период.

Смертность изменяется в зависимости от условий среды, возраста и состояния популяции и выражается чаще в виде относительной величины – доли особей (от исходного количества), погибших за определенное время. Смертность может быть минимальной и экологической (реализованной). *Минимальная смертность* представляет собой гибель особей в идеальных для популяции условиях существования (в отсутствие ограничивающих факторов). *Экологическая смертность* – это гибель особей в реальных условиях существования.

Существует 3 типа смертности, которым соответствуют определенные кривые выживаемости (рисунок 14):

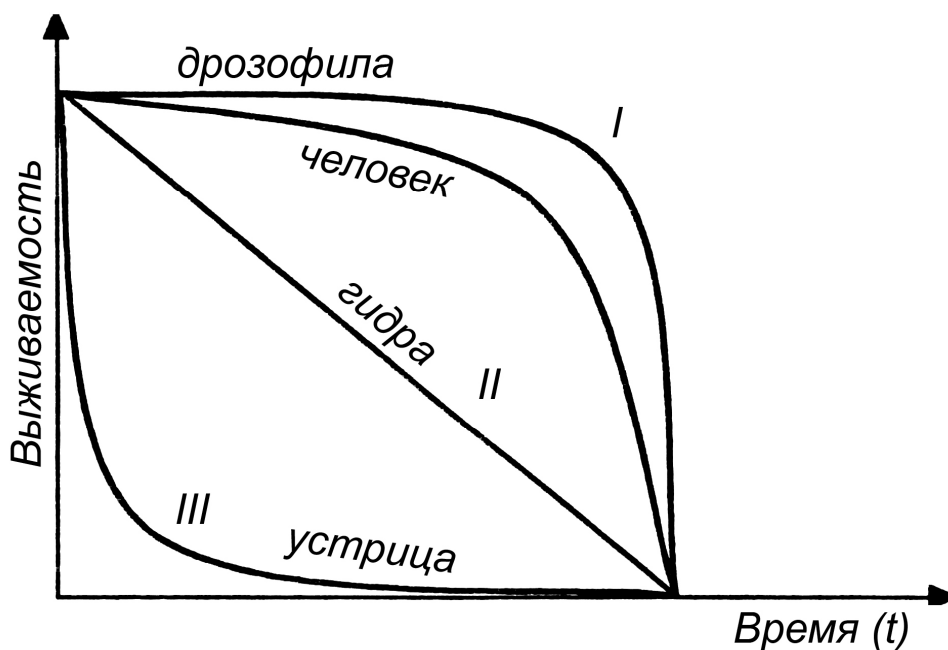


Рисунок 14 – Кривые выживания [11, 14]

*Кривая I типа* свойственна организмам, смертность которых на протяжении всей жизни незначительна, но резко возрастает в ее конце (например, насекомые, погибающие после кладки яиц, люди в развитых странах, некоторые крупные млекопитающие) Это так называемая «кривая дрозофилы». *Кривая II типа* характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни (например, птицы, пресмыкающиеся). Это «кривая гидры». *Кривая III типа* отражает массовую гибель особей в начальный период жизни (например, многие рыбы, беспозвоночные, растения и другие организмы, не заботящиеся о потомстве, и выживающие за счет огромного количества икринок, личинок, семян и т.п.). Это «кривая устрицы».

В 1938 году русский ботаник Леонтий Григорьевич Раменский выделил три основные типа стратегий выживания среди растений:

– *виоленты* – подавляют всех конкурентов. К ним относятся деревья, тростники, сфагновые мхи, доминирующие на заболоченных территориях;

– *пациенты* – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях («тенелюбивые», «сухолобивые», «солелюбивые» и т.п.);

– *эксплеренты* – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества, – на вырубках и гарях (кипрей, осины, березы), на отмелях и т.д.

*Скорость роста популяции* – это изменение численности популяции в единицу времени. Она может быть либо положительной, либо нулевой, либо отрицательной и зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции особей. Различают абсолютную и удельную скорость роста популяции:

– *абсолютная (общая) скорость роста* выражается изменением численности популяции за промежуток времени;

– *удельная скорость роста* – отношение скорости роста к исходной численности. При отсутствии лимитирующих факторов среды удельная скорость роста равна величине  $r$ , которая характеризует свойства самой популяции и называется удельной (врожденной) скоростью роста популяции, или биотическим потенциалом вида.

Скорость роста может быть выражена в виде кривой роста популяции (рисунок 15).

Существует две основные модели роста популяции:

– *J-образная кривая* – отражает неограниченный экспоненциальный рост численности популяции, не зависящий от плотности популяции. Скорость увеличения ( $r$ ) такой популяции зависит от ее численности. Подобный рост популяций иногда наблюдается в природе:

«цветение» воды в результате бурного развития фитопланктона, вспышка массового размножения некоторых вредителей, рост бактерий в свежей культуре. Однако это происходит непродолжительное время, так как после превышения емкости среды ( $K$ ) произойдет резкое снижение численности.

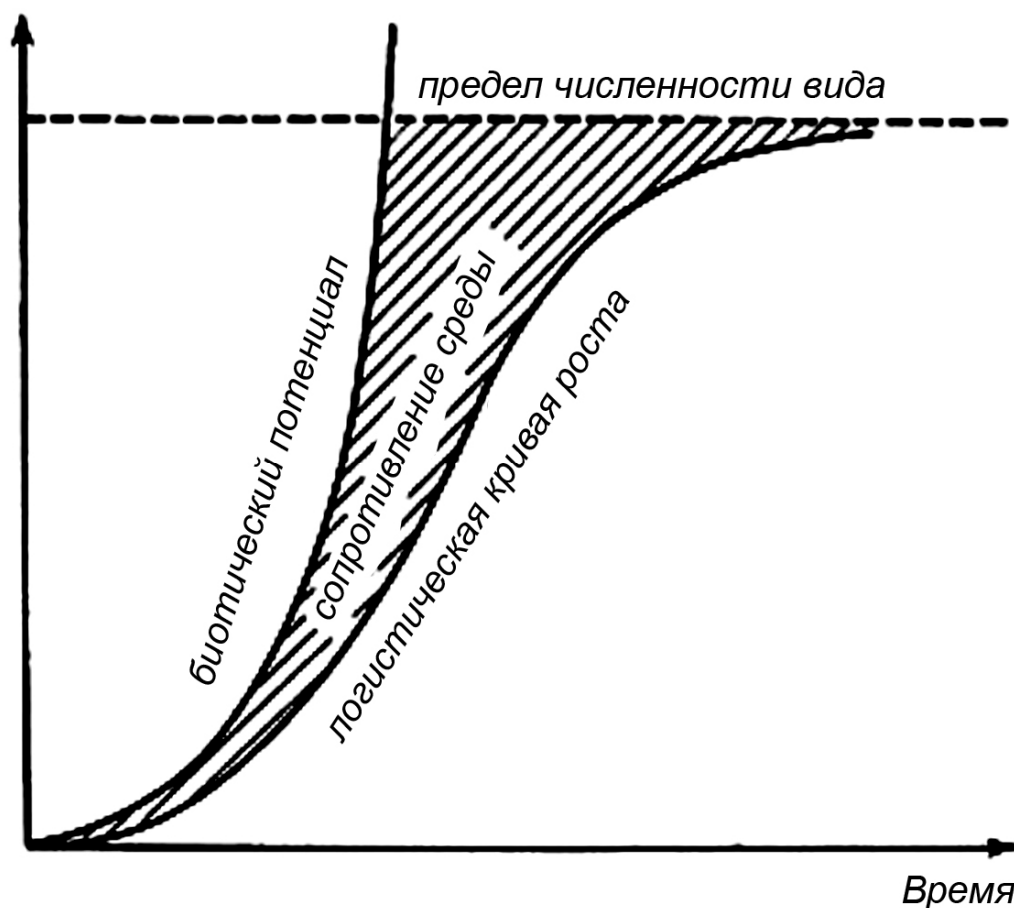


Рисунок 15 – Кривые роста популяции [14]

– *S-образная* (сигмоидная, логистическая) кривая – отражает логистический тип роста в реальных экологических условиях, зависящего от плотности популяции, при котором скорость роста популяции снижается по мере роста численности (плотности). Сначала рост популяции невелик, но затем он нарастает, но через некоторое время замедляется и выходит на плато (рисунок 15).

На основании скорости роста популяций, рождаемости, смертности и прочих характеристик выделяют несколько экологических стратегий популяций:

– *r-стратегии* ( $r$ -виды,  $r$ -популяции) – популяции из быстро размножающихся, но менее конкурентоспособных особей. Имеют  $J$ -

образную (экспоненциальную) кривую роста численности. Такие популяции быстро расселяются, но они малоустойчивы и быстро погибают. К ним относятся бактерии, тли, однолетние растения и др.

– *K-стратеги* (K-виды, K-популяции) – популяции из медленно размножающихся, но более конкурентоспособных особей. Имеют S-образную кривую роста численности. Такие популяции населяют стабильные местообитания. К ним относятся птицы, млекопитающие, деревья и др.

Популяция представляет собой саморегулирующуюся систему. В качестве регуляторов численности популяции выступает ряд факторов как живой, так и неживой природы. В первую очередь это хищники (полифаги – питающиеся разнообразными живыми объектами и олигофаги – с ограниченным спектром питания). В том случае, если хищники не в состоянии ограничить численность особей в популяции, и она продолжает расти, то следующим ограничивающим фактором выступают различного рода инфекционные заболевания и паразиты. И последним, наиболее значимым фактором регулятора роста популяции является *емкость среды*, то есть тот объем жизненного пространства и ресурсов, который в состоянии обеспечить популяцию всем необходимым. Однако в природе редко приходится наблюдать вступление в силу последнего фактора, чаще всего рост численности особей останавливают именно заболевания. Так, в качестве примера можно привести явление, которое наблюдалось в конце XIX века в степи России – значительно увеличилась за сравнительно короткое время численность сусликов. Однако, когда их количество стало приближаться к критической отметке, рост популяций замедлился и, затем, резко пошел на спад. Как показали последующие исследования, это было связано с заражением сусликов глистами.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1 Дайте определение популяции. Раскройте его биологическую сущность.

2 Охарактеризуйте статические свойства популяции.

3 Охарактеризуйте динамические свойства популяций

4 Какие стратегии развития популяций существуют. На чем они основаны?

5 Как происходит регуляция численности популяций? Что является ключевым фактором в регуляции численности.

## Лабораторная работа 1 Популяции и их взаимоотношения

**Цель:** рассмотрение особенностей обитания популяции мучного хрущака, а также оценка степени взаимосвязи и взаимоотношений с другими популяциями

**Материал и оборудование:** табличные данные о развитии мучного хрущака в лаборатории совместно с паразитом и без него, калькуляторы, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

1 Рассмотрите таблицу количества жуков мучного хрущака в различные сроки проведения опыта (таблица 10):

Таблица 10 – Численность жуков мучного хрущака в различные сроки опыта

Условия опыта и вид жуков	Количество жуков через дней													
	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	
Без паразита														
<i>Tribolium confusum</i>	16	52	52	42	35	24	15	11	8	3	4	3	0	
<i>T. castaneum</i>	80	76	70	88	88	92	120	142	210	172	120	64	122	
С паразитом														
<i>T. confusum</i>	50	46	42	44	50	70	46	68	52	50	52	46	48	
<i>T. castaneum</i>	42	120	104	52	8	4	3	3	5	3	2	8	3	

2 Начертите график численности жуков двух видов в культуре без паразита.

3 Ответьте письменно на следующие вопросы:

- А) Какой вид более конкурентоспособен при этих условиях?
- Б) Сколько времени жуки могут существовать совместно?
- В) Какие закономерности можно отметить в динамике численности конкурентоспособного вида?

4 Начертите график численности жуков двух видов в культуре с паразитом.

5 Ответьте письменно на следующие вопросы:

А) Чем можно объяснить ход численности обоих видов при распространении в культуре паразита?

Б) Каковы особенности кривой численности более конкурентоспособного в этих условиях вида?

В) Случаен ли ход кривых при стабильной численности популяции?

## Лабораторная работа 2 Возрастная структура популяций

**Цель:** оценка изменений, происходящих в возрастной структуре популяции костра безостого в зависимости от внесения удобрений

**Материал и оборудование:** табличные данные о развитии костера безостого в условиях выращивания с удобрением и без, калькуляторы, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

1 Рассмотрите таблицу возрастного состава популяций костра безостого (таблица 11):

Таблица 11 – Возрастная структура популяций костра безостого

Условие обитания	Среднее число на 0, 25 м <sup>2</sup>	Наземная масса, г	Возрастной состав популяции								
			<i>j</i>	<i>jm</i>	<i>v</i>	<i>g<sub>1</sub></i>	<i>g<sub>2</sub></i>	<i>g<sub>3</sub></i>	<i>ss</i>	<i>s<sub>1</sub></i>	<i>s<sub>2</sub></i>
Ежегодное удобрение (N и K)	26,3	35	0	2	11	4	24	8	34	15	4
Удобрения не вносят 3 года	10,4	5,6	1	1	4	0	5	24	48	14	4
Удобрения не вносят 10 лет	?	?	0	0	0	0	0	1	41	8	50

2 Составьте графики возрастных спектров популяций костра безостого на разных лугах.

3 Вычислите долю особей в прегенеративном состоянии.

Условные обозначения для возрастного состава популяций растений

Обозначение	Значение
$p$	проросток
$j$	ювенильное растение
$im$	имматурное растение
$v$	виргильное растение
$g_1$	Молодое генеративное растение
$g_2$	средневозрастное генеративное растение
$g_3$	старые генеративные растения
$ss$	субсенильные растения
$s$	сенильные растения

4 Проанализируйте данные таблицы и ответьте письменно на вопросы:

А) К какому типу относятся возрастные спектры этого вида?

Б) О чем свидетельствует правосторонний спектр возрастной структуры популяции?

В) Как влияет внесение минеральных удобрений на состояние популяции костра безостого на исследованных лугах?

Г) Может ли костер безостый закрепиться в указанных ассоциациях без антропогенного вмешательства?

Д) Какими особенностями длиннокорневищных растений можно объяснить характер их базового спектра?

### **Лабораторная работа 3 Возрастная структура популяций (продолжение)**

**Цель:** оценка изменений, происходящих в возрастной структуре популяции безвременника в разных горных сообществах

**Материал и оборудование:** табличные данные о возрастном составе и численности популяций безвременника, калькуляторы, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

#### ***Ход работы***

1 Рассмотрите таблицу возрастного состава и численности популяций безвременника (таблица 12):



Таблица 12 – Видовой состав и численность безвременника

Тип сообщества	Возрастной состав популяции, %					Число особей на 0,25 м <sup>2</sup>	
	<i>j</i>	<i>jm</i>	<i>v</i>	<i>g<sub>1</sub></i>	<i>s</i>	Всего	Взрослых
Широколиственные леса нижнего и среднего горных поясов	31	12	25	32	–	3	2,1
Среднегорные высокотравные луга (на месте сведенных лесов)	18	16	30	31	5	9,2	7,5
Низкотравные средне–горные пастбища	12	6	49	24	9	0,8	0,7
Слабо нарушенные высокогорные луга	17	6	40	27	10	4,3	3,6
Сильно нарушенные и выбитые луга	54	3	21	15	7	9,8	4,3

2 Составьте гистограммы и охарактеризуйте тип возрастных спектров.

3 Проанализируйте таблицу, ответьте письменно на следующие вопросы:

а) В каких условиях в популяциях безвременника заметную роль играет вегетативное размножение и в каких – самоподдержание вида осуществляется исключительно семенным путем?

б) В каких горных поясах и в каких сообществах наиболее благоприятные условия для роста безвременника?

в) Где рационально проводить массовые заготовки сырья безвременника?

г) Как безвременник реагирует на разные формы антропогенных нарушений – вырубку леса, пастьбу, сбой?

## Тема 4 Биogeоценоз и экосистема

4.1 Понятие о биogeоценозе и экосистеме

4.2 Видовая структура биоценоза

4.3 Пространственная структура биоценоза

4.4 Трофическая структура биоценоза

**4.1 Понятие о биogeоценозе и экосистеме** В 1935 г. английский ботаник Артур Тенсли предложил термин «*экосистема*» в качестве основной структурной единицы экологии. Под *экосистемой* понимают любую совокупность совместно обитающих живых организмов и условий их существования, объединенную в единое функциональное целое. Экосистема представляет собой природный комплекс, образо-

ванный живыми организмами (сообщество, биоценоз) и средой их обитания. Экосистема – основная функциональная единица экологии, представляющая собой единство биотических компонентов с абиотической средой, организованное потоками энергии и биологическим круговоротом веществ. Это фундаментальная общность живого и среды его обитания. Т.е. экосистема представляет собой функциональное единство живых организмов (животные, растения, грибы, микроорганизмы) и среды их обитания (климат, почва, вода).

Понятие «экосистема» можно применить к объектам различной степени сложности и разного размера. Это может быть частичка почвы и капля воды, кочка на болоте и само болото, лужа, озеро и океан, луг, лес, Земля в целом. Таким образом, каждая конкретная экосистема может характеризоваться определенными границами (экосистема елового леса, экосистема низинного болота). Однако само понятие «экосистема» является безразмерным, обладает признаком безразмерности, ей не свойственны территориальные ограничения.

Термин «биогеоценоз» (био... + гео... + греч. *koínos* – общий) ввел в 1940 г. академик В.Н. Сукачев. По В.Н. Сукачеву, *биогеоценоз* – это элементарная ячейка насыщенных организмами слоев биосферы, маркируемая фитоценозом – растительным сообществом. Это эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система живых организмов и абиотической среды, в которой происходит постоянный обмен веществом и энергией.

Любой биогеоценоз состоит из двух главных компонентов:

- биологической составляющей (живая компонента);
- небιологической (географической) составляющей (неживая компонента).

Объединяя все указанные составляющие в одно целое, мы получим структуру биогеоценоза.

Живая компонента, или *биоценоз (сообщество)* включает четыре основных функционально связанных частей:

- а) *фитоценоз* – растительное сообщество (автотрофные организмы, продуценты);
- б) *зооценоз* – животное население (гетеротрофы, консументы)
- в) *мицоценоз* – грибы (гетеротрофы, редуценты);
- г) *микробоценоз* – различные микроорганизмы, представленные бактериями, простейшими (редуценты).

Неживая, абиотическая, часть биогеоценоза (*биотоп*) складывается из таких компонентов, как:

а) *климатоп* – совокупность климатических факторов данной территории;

б) *эдафотоп* – почва;

в) *гидротоп* – гидрологические факторы.

Все взаимодействия компонентов биогеоценоза связаны между собой совокупностью пищевых цепей и взаимообусловлены. Каждый компонент в природе неотделим от другого. Главным создателем живого вещества в пределах биогеоценоза является фитоценоз – зеленые растения. Используя солнечную энергию, зеленые растения создают огромную массу органического вещества.

Биогеоценоз и экосистема – понятия сходные, но не одинаковые. Биогеоценоз следует рассматривать как иерархически элементарную комплексную, т.е. состоящую из биотопа и биоценоза, экосистему. Важно понять, что каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема соответствует биогеоценозу, хотя в основе обеих формулировок лежит принцип единства живых и неживых компонентов биологических систем.

Понятия экосистема и биогеоценоз совершенно тождественны только для таких природных образований, как, например, лес, луг, болото, поле: лесной биогеоценоз = лесная экосистема; луговой биогеоценоз = луговая экосистема и т.п. Для природных образований, меньших или больших по объему, нежели фитоценоз, либо там, где фитоценоз выделить нельзя, применяется только понятие «экосистема». Например, кочка на болоте – экосистема, но не биогеоценоз; текущий ручей – экосистема, но не биогеоценоз. Точно также только экосистемами являются море, тундра, влажный тропический лес и т.п. В тундре, в лесу можно выделить не один фитоценоз, а множество. Поэтому это, по сути, совокупность фитоценозов, представляющих более крупное образование, нежели биогеоценоз.

**4.2 Видовая структура биоценоза** *Биоценоз* – это сочетание популяций растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды и образующих тем самым особую живую систему со своим собственным составом, структурой, взаимоотношениями со средой, развитием и функциями. В современной экологической литературе термин *биоценоз* обычно применяется как синоним термина *сообщество*.

Каждый биоценоз можно описать, основываясь на совокупности составляющих его видов. Одни биоценозы слагаются преимущественно из животных, как, например биоценоз кораллового рифа. В других биоценозах (лесной) главную роль играют растения: биоценоз

елового, березового, дубового леса. Степень насыщенности видами в различных биоценозах разная. Например, во влажных тропических лесах, в Малайзии, на 1 га леса можно насчитать до 200 видов древесных пород. Биоценоз соснового леса в условиях Беларуси может включать максимум до десяти видов деревьев на 1 га, а на севере таежной области, на такой же площади, присутствуют 2–5 видов.

Наиболее простым показателем видовой разнообразия биоценоза является общее число видов – видовое богатство. Если какой-либо вид растения (или животного) количественно преобладает в сообществе (имеет большую биомассу, продуктивность, численность или обилие), то такой вид называется *доминантом*, или доминирующим видом. Доминантные виды есть в любом биоценозе. Если численность вида высока, но не настолько как у доминанта, то такие виды являются *субдоминантами*. Более редкие виды – *реценденты* и *субреценденты*.

Видовое разнообразие сообщества (число видов, встреченное в определенном местообитании) носит название *альфа-разнообразие*. Для измерения альфа-разнообразия предложено множество показателей, среди которых обычно используют степень количественной представленности вида:

*а) информационное разнообразие, или индекс Шеннона*

$$H' = -\sum(n_i/N)\log(n_i/N),$$

где  $n_i$  – число особей  $i$ -го вида;  $N$  – общее число особей всех видов в сообществе.

Индекс показывает общее разнообразие и представленность видов их особями в сообществе. Обычно укладывается в интервал от 1,5 до 3,5 (чем выше, тем более широко сообщество представлено видами).

*б) концентрация доминирования, или индекс Симпсона*

$$C = \sum(n_i/N)^2,$$

где  $n_i$  – число особей  $i$ -го вида;  $N$  – общее число особей всех видов в сообществе.

Является показателем общего доминирования в сообществе, обратно пропорционален предыдущему индексу. Изменяется в диапазоне от 0 до 1 (чем он выше, тем меньшее число видов доминируют в сообществе). Высокий показатель может свидетельствовать об устойчивом биоценозе со стабильной видовой структурой.

в) *выравненность по Пиелу*

$$e = H' / \log S,$$

где  $H'$  – индекс Шеннона,  $S$  – число видов в сообществе.

Показывает насколько виды в равной доле представлены особями. Изменяется в пределах от 0 до 1. Чем он больше, тем выше показатель нарушенности биоценоза или свидетельствует о том, что сообщество находится на стадии формирования.

г) *видовое богатство, или индекс Маргалефа*

$$D = S - 1 / \ln N,$$

где  $S$  – число видов в сообществе,  $N$  – общее число особей всех видов в сообществе.

Индекс показывает общее видовое богатство через отношение видов и особей.

Для сравнения видового состава двух сообществ между собой используются следующие показатели:

а) *коэффициент видовой общности сообществ (коэффициент Жаккара)*

$$K_g = C / (A + B) - C,$$

где  $A$  – число видов в 1-м сообществе,  $B$  – число видов во 2-м сообществе,  $C$  – число видов, общих на обоих сообществах:

0,65–1,0 – Полное сходство      0,2–0,39 – Низкое сходство

0,4–0,64 – Высокое сходство      < 0,2 – Сходства нет

Есть также подобный ему коэффициент Чекановского–Сьерсенена:

$$K_{C-S} = 2C / (A + B)$$

(обозначения в формуле те же, что и в коэффициенте Жаккара)

б) *коэффициент биоценотической общности*

$$K_{\bar{o}} = K_g \times (\Sigma c_{min} / a + b - \Sigma c_{min}),$$

где  $\Sigma c_{min}$  – сумма наименьших показателей обилия каждого вида в сравниваемых биотопах,  $a$  – суммарное обилие всех видов в одном сообществе,  $b$  – суммарное обилие всех видов в другом сообществе.

Разнообразие сообществ носит название бета–разнообразие. Бета–разнообразие – это степень изменчивости флористического состава сообществ вдоль градиентов ведущего фактора (изменение климата, увлажнения, высоты над уровнем моря и т.п.). Для его оценки можно использовать результаты классификации данного региона и оценить бета–разнообразие числом установленных типов сообществ.

И, наконец, существует еще один способ оценки разнообразия сообществ. Все видовое богатство региона, слагающееся из альфа и бета–разнообразия называется гамма–разнообразие. Гамма–разнообразие – это видовое разнообразие ландшафтов, которые слагаются из разнообразных сообществ.

**4.3 Пространственная структура биоценоза** Пространственная структура биоценоза включает его вертикальную и горизонтальную структуры.

Вертикальная структура биоценоза образована отдельными его элементами, особыми слоями, которые называются ярусами. *Ярус* – совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе ассимилирующих органов (листья, стебли, подземные органы – клубни, корневища, луковицы и т.п.). Как правило, разные ярусы образованы разными жизненными формами. Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах. Рассмотрим в качестве примера ярусы смешанного леса:

**1 ярус:** формируют высокие деревья с высоко расположенной листвой, которая хорошо освещается солнцем.

**2 ярус:** формируют деревья поменьше (подпологовый ярус). Поглощают неиспользованный 1–ым ярусом свет.

**3 ярус:** формируют подлесок (кустарники и кустарниковые формы древесных пород). Поглощают оставшиеся около 10 % солнечной радиации.

**4 ярус:** формируют подрост (молодые невысокие (от 1 до 3–5 м) деревца, которые в будущем, в перспективе, смогут выйти в первый ярус).

**5 ярус:** формируют растения травяного покрова (лесные травы и кустарнички: ландыш, кислица, земляника, брусника, черника, папоротники). Используется незначительная часть солнечной радиации – от 1 до 5 %.

**6 ярус:** формируют напочвенный слой мхов и лишайников.

Ярусов может быть меньше (например, отсутствуют кустарники), или больше (в сложных смешанных древостоях с несколькими дре-

весными породами). В состав ярусов не включают лианы, эпифиты (растения, проживающие на других растениях, но не являющиеся паразитами, например мхи и лишайники на стволах деревьев), а также растения–паразиты, которые выделяются в группу внеярусной растительности, поскольку затруднительно отнести их какому–либо конкретному ярусу.

Особи живых организмов распределены в пространстве неравномерно. Обычно они составляют группировки, что является приспособительным фактором в их жизни. Такие группировки определяют горизонтальную структуру биоценоза, т.е. горизонтальное распределение особей видов, образующих различного рода узорчатость, мозаичность, пятнистость каждого вида.

К элементарным единицам горизонтального строения растительных сообществ относятся такие структурные единицы, как микроценоз, или синузия и микрогруппировка.

*Микроценоз* (от греч. «микрос» – малый и «койнос» – общий) – наименьшая по размерам структурная единица горизонтального расчленения сообщества, которая включает все ярусы, обособленная в вертикальном направлении от других, окружающих ее микроценозов этого же сообщества и характеризующаяся определенным составом, структурой, динамикой и обладающая некоторой целостностью.

*Микрогруппировка* – сгущение особей одного или нескольких видов в пределах яруса, внутриярусные мозаичные пятна. Иногда термины «микроценоз» и «микрогруппировка» употребляются как синонимы.

*Парцелла* – это структурная часть в горизонтальном расчленении биоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойством компонентов. Парцеллу выделяют по ведущему элементу растительности разных ярусов (например, участки широколиственных деревьев в хвойном лесу).

**4.4 Трофическая структура биоценоза** Лучистая энергия солнца, усваиваемая зелеными автотрофными растениями, превращается в энергию химических связей синтезируемого вещества. Скорость фиксации солнечной энергии определяет продуктивность сообществ. Продуктивность автотрофных организмов представляет собой первичную продуктивность. Продуктивность представителей других трофических уровней составляет вторичную продуктивность.

Биомасса, производимая биоценозом на единице площади за единицу времени, называется *биологической продукцией*. Она выражается

в тех же величинах, что и биомасса, но с указанием времени, за которое она создана (например, кг/га за месяц).

Различают два вида продукции – первичную и вторичную.

Биомасса, произведенная автотрофными организмами (зелеными растениями) на единице площади за единицу времени называется *первичной продукцией*. Ее величина определяет продуктивность всех звеньев гетеротрофных организмов экосистемы.

Суммарная продукция фотосинтеза называется *первичной валовой продукцией*. Это вся химическая энергия в форме произведенного органического вещества. При этом часть энергии может идти на поддержание жизнедеятельности (дыхание) самих производителей продукции – растений. Если мы изыдем ту часть энергии, которая тратится растениями на дыхание, то получим *чистую первичную продукцию*.

*Вторичная продукция* – это биомасса, созданная всеми консументами биоценоза за единицу времени. При ее подсчете производят вычисления отдельно для каждого трофического уровня, потому что при движении энергии от одного трофического уровня к другому она прирастает за счет поступления с предыдущего уровня.

Движение вещества и энергии – основное условие поддержания жизнедеятельности организмов в биоценозе, его устойчивости.

По участию в биологическом круговороте веществ в биоценозе различают три группы организмов.

1) *Продуценты* (автотрофные организмы). Являясь организмами–продуцентами, автотрофы синтезируют с помощью солнечного света из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а также неорганических солей почвы органические соединения, преобразуя при этом световую энергию в химическую. Они обеспечивают органическими веществами и энергией все живое население биоценоза. Зеленые растения лежат в основании всех пищевых связей.

2) *Консументы* (гетеротрофные организмы). К ним относятся все животные, которые извлекают необходимую энергию из готовой пищи, поедая растения или других животных. К консументам также можно отнести группу бесхлорофильных растений (растений–паразитов), которые, присасываясь к корням своих собратьев, в буквальном смысле тянут из них соки. В Беларуси это лесной петров крест, полевая заразиха.

3) *Редуценты* – микроорганизмы и грибы, разрушающие мертвое органическое вещество и превращающие его в воду,  $\text{CO}_2$  и неорганические вещества, которые в состоянии усваивать другие организмы (продуценты).



Энергия, содержащаяся в одних организмах, потребляется другими. Перенос веществ и заключенной в них энергии от автотрофов к гетеротрофам, происходящий в результате поедания одними организмами других, называется пищевой цепью. Число звеньев в ней может быть различным, но обычно их бывает от 3 до 5.

*Пищевая цепь* в экосистеме начинается с зеленого растения и через ряд промежуточных организмов–консументов заканчивается звеном, которое представлено хищными птицами или хищными млекопитающими. В биоценозах обычно существует ряд параллельных пищевых цепей – *пищевая сеть*. Сокращение численности особей одного вида – звена в пищевой цепи, вызванное деятельностью человека или другими причинами, неизбежно приводит к нарушениям целостности экосистемы.

Пищевые цепи, которые начинаются с автотрофных фотосинтезирующих организмов, называются *настбищными*, или *цепями выедания*.

Если пищевая цепь начинается с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных (детрита), она называется *детритной*, или *цепью разложения*.

В результате последовательности превращений энергии в пищевых цепях каждое сообщество живых организмов приобретает определенную трофическую структуру. Трофическую структуру обычно отображают графическими моделями в виде экологических пирамид.

Эффект пирамиды в виде таких моделей разработал в 1927 г. английский зоолог Чарлз Элтон. Основанием пирамиды служит первый трофический уровень – уровень продуцентов, а последующие уровни образуют консументы различных порядков. Различают три способа построения экологических пирамид:

1) *Пирамида чисел* (численностей) отражает численность отдельных организмов на каждом уровне.

2) *Пирамида биомасс* – соотношение между организмами разных трофических уровней (продуцентами, консументами и редуцентами), выраженное в их массе.

3) *Пирамида энергии* отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы ниши через пищевую цепь.

В 1942 г. Р. Линдеман сформулировал закон пирамиды энергии (или закон 10 процентов), согласно которому с одного трофического уровня через пищевые цепи на другой трофический уровень переходит в среднем около 10 % поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии. Остальная ее часть теряется в виде те-

плового излучения. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90 % всей энергии, которая расходуется на поддержание их жизнедеятельности.

В связи с этим цепи питания обычно не могут иметь более 3–5 (крайне редко 6) звеньев, а экологические пирамиды не могут состоять из большого количества этажей.

### Вопросы для самоконтроля:

1 Дайте определения терминам «биогеоценоз» и «экосистема». В чем их сходства и отличия?

2 Охарактеризуйте видовую структуру биоценоза. Какие показатели используются для ее учета?

3 Опишите пространственную структуру биоценоза.

4 Расскажите о трофической структуре биоценоза.

### Лабораторная работа 1 Видовая структура биоценоза

**Цель:** ознакомление с методами изучения видовой структуры биоценоза и ее оценка путем использования индексов биоразнообразия.

**Материал и оборудование:** табличные данные о видовом составе и численности птиц в разных биоценозах, калькуляторы, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

#### Ход работы

1 Рассмотрите таблицу встречаемости птиц в различных биоценозах (таблица 13):

Таблица 13 – Встречаемость птиц

Вид	Численность птиц, экз.		
	Ковыльная степь	Посевы с лесополосами	Посевы без лесополос
1	2	3	4
Степной жаворонок	2580	1420	1100
Полевой жаворонок	1800	2	260

Окончание таблицы 13

1	2	3	4
Малый жаворонок	310	470	320
Каменка–плясунья	60	0	1
Каменка–плешанка	30	0	0
Желтая трясогузка	0	5	0
Розовый скворец	0	3	0
Чибис	0	0	20
Перепел	0	170	0
Лунь полевой	0	8	20
Лунь степной	10	0	0
Степной орел	10	0	0
Славка серая	0	10	0
Городская ласточка	0	20	20
Деревенская ласточка	0	60	70
Береговая ласточка	0	0	20
Полевой воробей	0	5	0
Камышовая овсянка	0	3	5
Серая ворона	2	8	0
Сизоворонка	30	0	0
Грач	0	30	120

2 Вычислите общее число видов и экземпляров птиц, характерное для каждого из сообществ, определите доминантов.

3 Используя формулы индексов информационного разнообразия (Шеннона), концентрации доминирования (Симпсона) и выравненности охарактеризуйте биологическое разнообразие птиц каждого сообщества и сравните между собой.

4 Используя коэффициент видовой общности сообществ (коэффициент Жаккара) определите, насколько сообщества птиц из разных биотопов схожи между собой по видовому признаку.

5 Используя коэффициент биоценотической общности, определите насколько биотопы схожи между собой в отношении сообществ птиц:

Биотопы	Ковыльная степь	Посевы с лесополосами	Посевы без Лесополос
Ковыльная степь			
Посевы с лесополосами			
Посевы без лесополос			

б) Ответьте письменно на вопросы:

А) Что отражают индексы биоразнообразия?

Б) Что характеризует видовая структура биоценоза?

В) Какие показатели наиболее полно могут оценить экологическое состояние сообщества?

## Лабораторная работа 2 Пространственная структура биоценоза

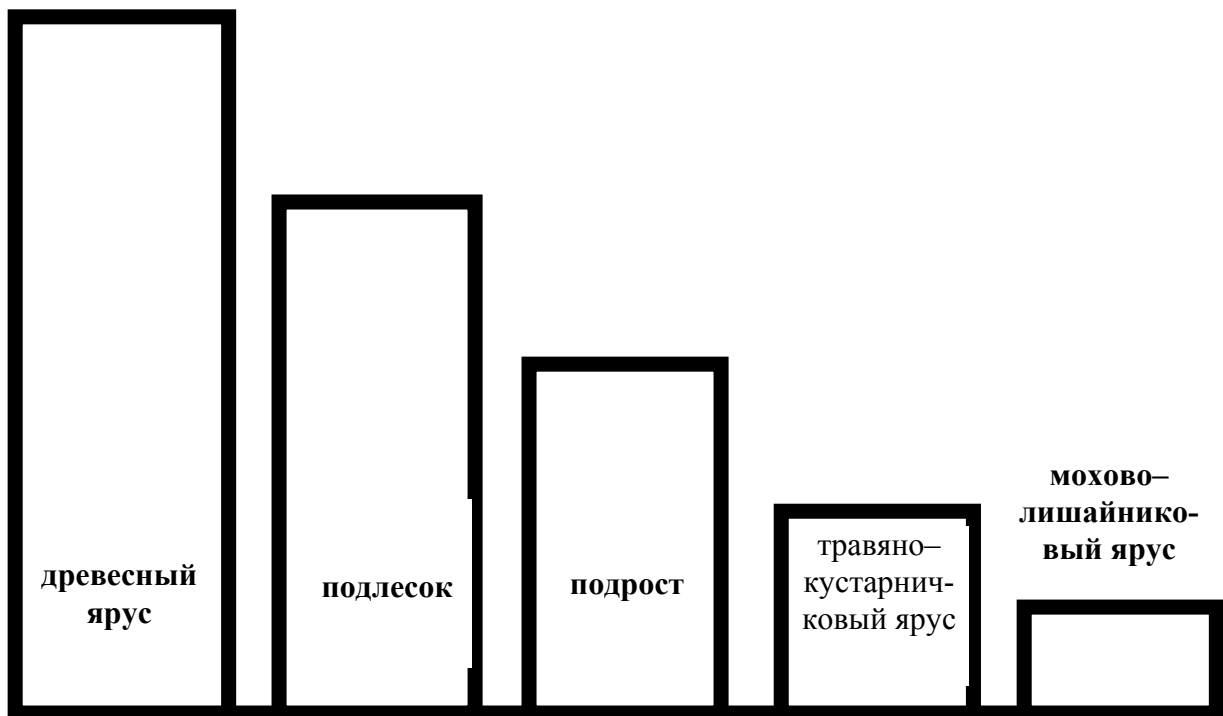
**Цель:** ознакомление с пространственной структурой биоценоза смешанного леса

**Материал и оборудование:** рисунки биоценоза, списки видов растений, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

1 Используя приведенный список видов растений, распределите их согласно принадлежности их к соответствующему ярусу смешанного леса, вписав их в столбики диаграммы: плевроциум Шребера, ель (40 лет), брусника, осина (12 лет), дуб (56 лет), орешник, яблоня лесная, береза (25 лет), крушина ломкая, граб (34 года), лещина обыкновенная, волчье лыко, бересклет бородавчатый, ель (7 лет), ксантория, сосна (5 лет), гилокомиум блестящий, граб (13 лет), ясень (9 лет), ландыш майский, ольха (20 лет), кислица обыкновенная, ожика волосистая, можжевельник обыкновенный, земляника лесная, ива, черника обыкновенная, рябина, ясень (25 лет), дикранум метловидный, сосна

(20 лет), брахитемиум укороченный, майник двулистный, птилиум гребенчатый (страусово перо), кукушкин лен обыкновенный, дуб (12 лет), кладония, жимолость лесная:



2 Используя справочные данные, оформите подписи к элементам пространственной структуры биоценозов, показанных на рисунке 16, предварительно перерисовав рисунок в альбом

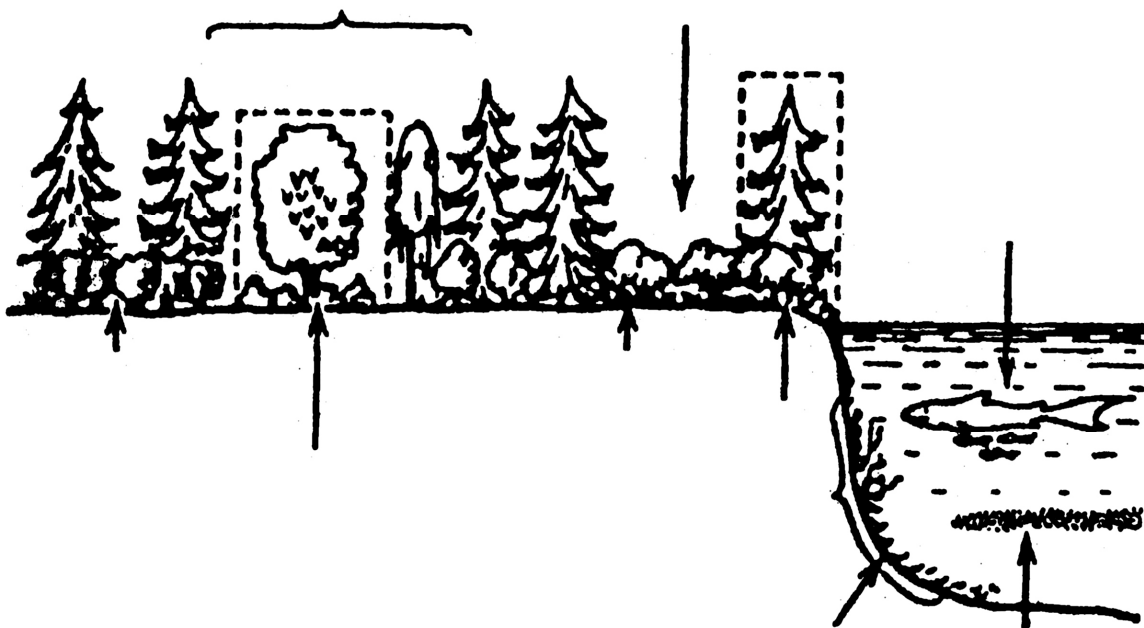


Рисунок 16 – Элементы горизонтальной структуры биоценоза

*Справочные данные:* синузия трав, биоценоз дна водоема, парцелла с другим составом пород, консорция лиственного дерева, синузия кустарников, лесной биоценоз, синузия планктона, консорция хвойного дерева, консорция акулы, парцелла «лесного окна».

3 Ответьте письменно на следующие вопросы:

А) В чем сущность организации пространственной структуры в биоценозах?

Б) Охарактеризуйте вертикальная ярусность и ее виды в различных биоценозах.

В) Горизонтальная пространственная структура биоценоза. В чем ее особенности?

### **Лабораторная работа 3 Трофическая структура биоценоза**

**Цель:** ознакомление с трофической структурой различных биоценозов.

**Материал и оборудование:** рисунки биоценоза, списки видов растений и животных, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

#### ***Ход работы***

1 Начертите 2–3 примера пастбищных и детритных цепей питания, существующих в природе.

2 Составьте схему пищевых цепей аквариума, в котором обитают следующие организмы: рыбы: меченосцы и гуппи; улитки: прудовик и катушка; растения: элодея и валлиснерия; инфузория туфелька, амeba, эвглена зеленая, сапрофитные бактерии.

3 Перечислены несколько видов организмов: лягушка травяная, головастик лягушки, жук плавунец, личинка плавунца, комар самец, комар самка, хламидомонада, жук–могильщик, эвглена зеленая, гнилостная бактерия, божья коровка, одуванчик, наездник–афелинус, инфузория туфелька, дождевой червь, молочнокислые бактерии, грибок мукор, грибок пеницилл, нитрифицирующие бактерии, сова, тля, морская звезда. Определите: какие из них относятся к продуцентам; какие к первичным консументам; какие к вторичным и третичным консументам; какие к деструкторам (редуцентам).

4 Пользуясь таблицей 14 и правилом экологической пирамиды, определите какая площадь (в га) соответствующего биоценоза может прокормить одну особь последнего звена в цепи питания:

Таблица 14 – Биологическая продуктивность некоторых биоценозов (масса сухого вещества г/м<sup>2</sup> в год)

Организмы или их продукция	Название биоценоза	Продуктивность
Планктон	Водоем любого типа	600
Рыба (все дикие виды)	Водоем любого типа	15
Карп (разводимый)	Рыбоводческий пруд	150
Наземная растительность	Луг, поле, роща	200
Водная растительность	Водоем любого типа	1000
Опавшие листья	Лиственный лес	400
Древесина деревьев	Лиственный лес	500
Древесина деревьев	Тропический лес	1300
Почвенная фауна	Лиственный лес	100
Почвенные простейшие	Лиственный лес	10

- а) планктон → синий кит (живая масса 100 т)
  - б) планктон → рыбы → тюлень (300 кг)
  - в) планктон → нехищные рыбы → щука (10 кг)
  - г) планктон → рыба → тюлень → белый медведь (500 кг)
  - д) планктон → рыбы → рыбацкие птицы → орлан-белохвост (5 кг)
  - е) травянистые растения → заяц → лиса → волк (50 кг)
  - ж) водные растения → моллюски → карп (3 кг).
- Примечание: 60% массы составляет вода.

5 На 1 м<sup>2</sup> площади культурного биоценоза – горохового поля растет 150 особей гороха посевного (биомасса в сухом виде 450 г) и 180 особей сорных растений (сухой вес 500 г) разных видов: 1) осот – 30 особей; 2) молочай – 5 особей; 3) вьюнок – 10 особей; 4) марь белая – 15 особей; 5) щетинник – 80 особей; 6) ярутка полевая – 5 особей; 7) пырей ползучий – 30 особей; 8) фиалка – 5 особей. Для данного биоценоза определите: видовое разнообразие; численность видовых популяций; биомассу (в кг/га).

6 Объясните предлагаемые термины. Определения запишите в лабораторный альбом:

Экосистема  
Биогеоценоз  
Биотоп  
Биоценоз  
Продуценты  
Консументы  
Редуценты  
Трофическая цепь  
Экологическая пирамида

## Тема 5 Атмосфера, солнечная радиация в атмосфере

- 5.1 Солнечная система и место в ней Земли.
- 5.2 Солнечная радиация в атмосфере.
- 5.3 Тепловой режим атмосферы.
- 5.4 Атмосферное давление.

**5.1 Солнечная система и место в ней Земли** *Солнечная система* – это система небесных тел, которые движутся в области гравитационного влияния Солнца. В нее входят Солнце, 8 планет (ранее считавшаяся девятой планета Плутон недавно лишена такого статуса) с 53 спутниками, более 100000 малых планет (астероидов), сотен миллиардов комет и мелких метеоритных тел.

*Солнце* – это желтая звезда средней величины, возраст которой примерно 5 млрд. лет. Представляет собой раскаленный газовый шар, диаметр которого в 109 раз, а масса в 323000 раз больше Земли. Среднее расстояние от Земли до Солнца составляет 149,6 млн. км (*астрономическая единица*). Температура в недрах Солнца составляет 20 млн. градусов Цельсия, а на поверхности – около 6000° С.

В межпланетное пространство Солнце постоянно излучает энергию общей мощностью  $3,83 \cdot 10^{26}$  Вт, одна двухмиллиардная доля которой приходит на Землю, однако и ее хватает для развития жизни.

Наиболее динамичны внешние слои Солнца (*атмосфера*), которые делятся на фотосферу, хромосферу и корону. *Фотосфера* – нижняя область солнечной атмосферы, толщиной до 300 км; из нее выходит все видимое излучение. Над фотосферой находится *хромосфера* – ко-



торая видна при полных затмениях Солнца как розовое кольцо толщиной 7000–8000 км. В ней наблюдаются светлые образования – *флокулы* и темные – волокна, которые выступают за диск Солнца и называются *протуберанцами*. *Солнечная корона* – внешняя и наиболее разреженная часть атмосферы Солнца, распространяется на расстояние более 10 солнечных радиусов. Из нее идут поток частиц, которые образуют солнечный ветер. Переходный слой между хромосферой и короной является источником значительной части ультрафиолетового солнечного излучения.

Около Солнца по эллиптическим орбитам движутся 8 планет. По своим характеристикам планеты объединяются в две группы, разделенные в пространстве поясом астероидов. Планеты, которые движутся внутри пространства, отделенного этим поясом, называются планетами земной группы. Это Меркурий, Венера, Земля и Марс. Они небольшие по размерам и массе, имеют твердую поверхность и сравнительно высокую плотность, сходную с плотностью Земли.

Внешние планеты (планеты–гиганты) – Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун характеризуются большими размерами и массой, быстрым вращением вокруг оси и сравнительно невысокой плотностью, так как сложены из легких элементов.

*Астероиды* вращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, имеют маленькие размеры и неправильную угловую форму. Самые крупные из них – Церера (1003 км в поперечнике), Паллада (608 км) и Веста (538 км).

*Кометы* имеют вид хвостатой звезды. Головная часть кометы (ядро) состоит из замерзшего газа и пыли и по мере приближения к Солнцу нагревается и начинает выделять газ и пыль, ядро начинает светиться и выделять шлейф газов (хвост), который направлен от Солнца и имеет длину несколько миллионов километров.

*Метеорное вещество* – это твердые частицы небольших размеров, которые чаще всего являются продуктом распада кометных ядер и астероидов. Большая часть их сгорает в атмосфере Земли, оставляя след «падающей звезды».

Земля движется около Солнца по эллипсоидной орбите, поэтому расстояние до Солнца меняется от 152 млн. км (афелий – 5 июля) до 147 млн. км (перигелий – 3 января). Полный оборот вокруг Солнца земля делает за 365 суток 6 часов 9 минут и 9,6 секунды. Это *звездный (сидерический) год*.

Земная ось вращения не направлена перпендикулярно к плоскости земной орбиты (эклиптики), а наклонена под углом 66°33'. Благодаря

этому наклону солнечный свет на протяжении года неравномерно прогревает земную поверхность, что приводит к смене сезонов. Так 21 марта и 23 сентября солнечные лучи в полдень падают вертикально на экватор, равномерно освещают северное и южное полушарие, и в связи с суточным вращением Земли во всех широтах день равен ночи (рисунок 17). Это дни *весеннего и осеннего равноденствия*.

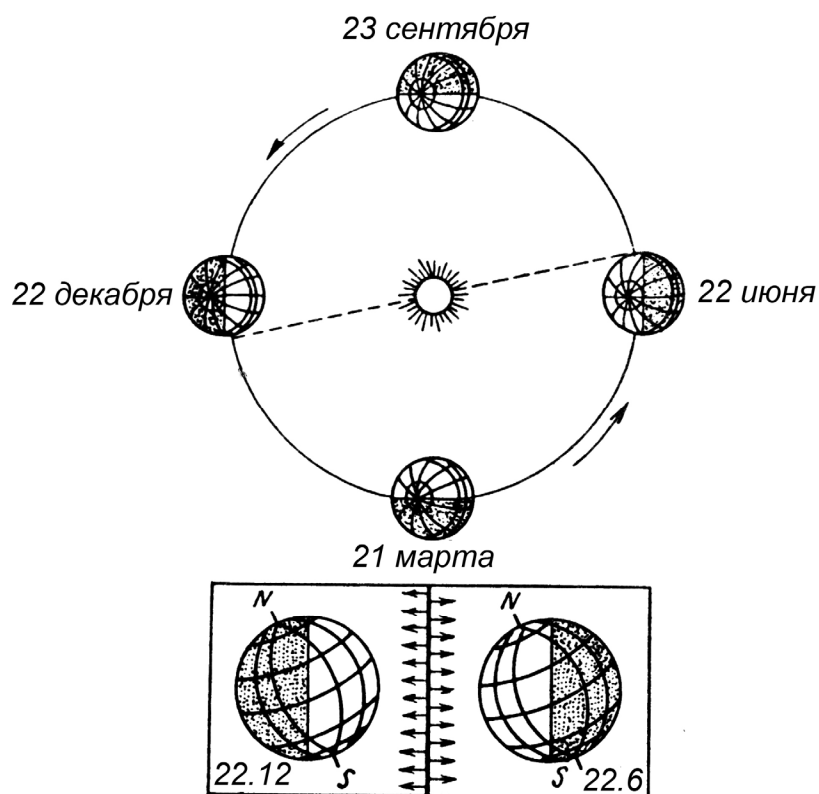


Рисунок 17 – Схема смен пор года [6]

22 июня солнечные лучи в полдень вертикально падают на параллель  $23^{\circ}27'$  с. ш. Это *северный тропик*. В это же время над поверхностью Земли на север от параллели  $66^{\circ}33'$  с. ш. Солнце совсем не заходит за горизонт и там господствует полярный день. Эта параллель называется *северным полярным кругом*, а сам день 22 июня – *днем летнего солнцестояния*. Этот период соответствует лету в северном полушарии (рисунок 17). Поверхность Земли на юг от  $66^{\circ}33'$  ю. ш. совсем не освещается Солнцем и там господствует полярная ночь. А сама параллель – *южный полярный круг*. В южном полушарии – зима.

22 декабря солнечные лучи вертикально падают в полдень на параллель  $23^{\circ}27'$  ю. ш. – *южный тропик*, а сам день – *день зимнего солнцестояния*. В этот день на север от северного полярного круга наблюдается полярная ночь, а к югу от южного полярного круга – по-

лярный день. Кроме этого в этот период в северном полушарии – зима, а в южном – лето.

В каждом полушарии можно выделить 13 поясов освещенности:

1) *экваториальный* ( $0^{\circ}$ – $10^{\circ}$  широты). Разница между продолжительностью дня и ночи практически не ощущается. Поры года отсутствуют.

2) *тропические* ( $10^{\circ}$ – $23,5^{\circ}$  широты). Наблюдается разница между продолжительностью дня и ночи. Наблюдается два сезона, которые мало отличаются по температуре.

3) *субтропические* ( $23,5^{\circ}$ – $40^{\circ}$  широты). Разница между продолжительностью дня и ночи увеличивается от 9 до 15 часов. Хорошо выражены 2 сезона (зима и лето).

4) *умеренные* ( $40^{\circ}$ – $58^{\circ}$  широты). Характеризуются значительной разницей между продолжительностью дня и ночи, которая меняется от 18 до 6 часов. Хорошо выражены четыре поры года.

5) *белых летних ночей и коротких зимних дней* ( $58^{\circ}$ – $66,5^{\circ}$  широты). Существуют короткое время. С приближением дня летнего солнцестояния наступает время белых ночей (их появление связано с тем, что солнечные лучи преломляются в атмосфере Земли и Солнце кажется выше своего действительного положения). Хорошо выражены четыре сезона, но зима дольше лета.

6) *субполярные* ( $66,5^{\circ}$ – $74,5^{\circ}$  широты). Характеризуется контрастностью длины полярной ночи – в низших широтах пояса, близко к полярному кругу длится около суток, а выше, к полярному поясу – до 103 суток.

7) *полярные* ( $74,5^{\circ}$ – $90^{\circ}$  широты). Размещается вблизи полюсов. В северном полушарии полярная ночь длится от 103 до 179 суток, а в южном – короче на 8 суток. Две поры года соответствуют полярному дню и ночи.

**5.2 Солнечная радиация в атмосфере** Атмосфера Земли – это газовая среда, которая окружает Землю и вращается с ней как единое целое. Она состоит со смеси газов – воздуха. Атмосфера не имеет резкой границы и на высоте 2–3 тыс. км постепенно переходит в межпланетное пространство. Атмосфера представляет собой механическую смесь газов и сухой воздух состоит из азота (78,08 %), кислорода (20,96 %), аргона (0,93 %) и углекислого газа (0,03 %). В незначительном количестве в атмосфере присутствуют неон, гелий, метан, водород, а также различные газоподобные примеси техногенного происхождения.

Атмосфера имеет несколько слоев, которые выделяются по особенностям распределения температуры, плотности и характеру движения воздуха (рисунок 18):

– *тропосфера* (над экватором – 0–18 км, над полюсами – 0–10 км). Содержит 80% массы атмосферы, практически весь водяной пар, образуются осадки и облака. Температура на верхней границе достигает – 45–65°.

– *стратосфера* (до 40–50 км). Образуется озоновый слой (озоносфера). До высоты 50 км в озоносфере температура повышается до +10–30° С.

– *мезосфера* (до 80 км). Очень разреженный воздух, небо черного цвета, температура резко понижается до –60–80° С.

– *термосфера* (до 450 км). Температура очень высокая – до +1500–2500° С, которая связана с крайне высокой разреженностью и увеличением расстояния между молекулами газов. Т.е. молекулы сильно разгоняются, но практически не сталкиваются, поэтому высокую температуру термосферы называют потенциальной и она не ощущается живыми организмами. Кроме того, в термосфере наблюдается значительная ионизация, что приводит к образованию ионосферы и возникновению различного рода полярных сияний.

– *экзосфера*. Сфера рассеивания. Молекулы и атомы водорода и гелия переходят в межпланетное пространство.

Электромагнитное излучение Солнца, которое распространяется в космическом пространстве и достигает атмосферы Земли в виде электромагнитных волн со скоростью практически 300000 км/сек, называется *солнечной радиацией*. Она состоит на 48 % из видимого света и на 52 % из невидимого излучения (ультрафиолетовое, инфракрасное, рентгеновское). На 99 % солнечная радиация – коротковолновое и только 1 % – длинноволновое излучение.

За единицу измерения интенсивности солнечной радиации принимается количество калорий тепла, которая поглощается на верхней границе атмосферы за 1 мин. 1 см<sup>2</sup> черной поверхности, направленной перпендикулярно к солнечным лучам (кал/см<sup>2</sup> · мин). Она составляет 1,98 кал/см<sup>2</sup> · мин. Это – *солнечная постоянная*.

Солнечная радиация в процессе своего прохода через атмосферу количественно и качественно изменяется: 31 % сразу же отражается обратно в межпланетное пространство, 17 % поглощается и только 52% в виде прямой и рассеянной радиации достигает земной поверхности.

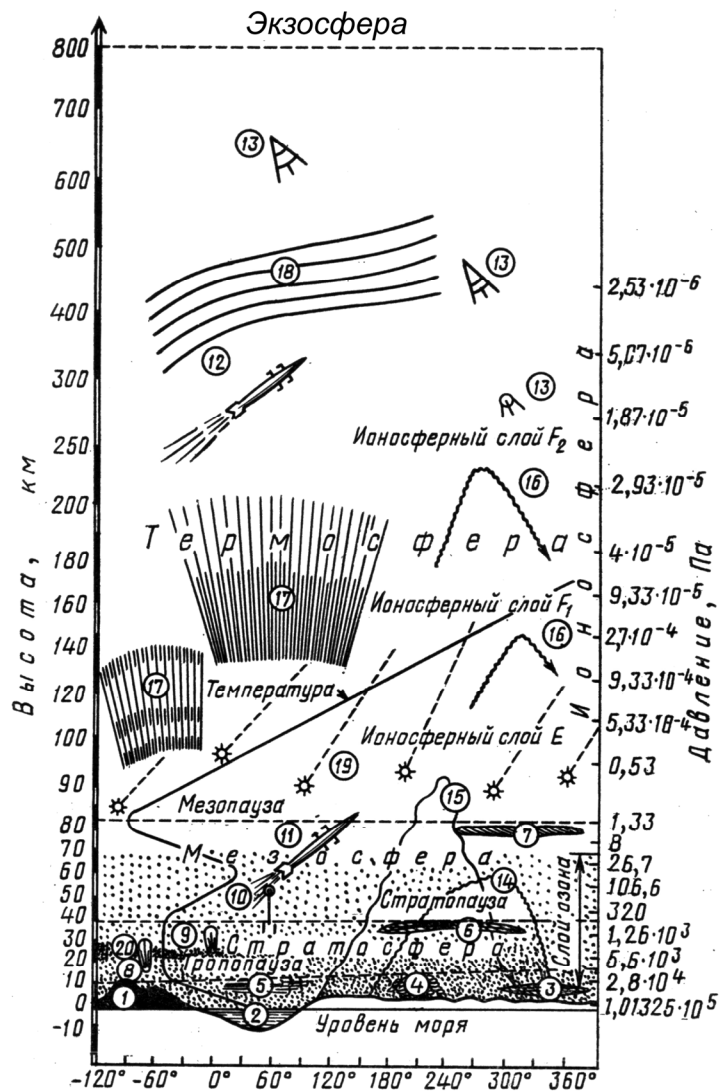


Рисунок 18 – Вертикальное строение атмосферы. 1 – наибольшая высота гор; 2 – наибольшая глубина океана; 3 – облака нижние; 4 – облака конвекции; 5 – облака перистые; 6 – облака перламутровые; 7 – облака серебристые; 8 – стратостат Пикара; 9 – стратостат; 10 – радиозонды; 11 – метеорологические ракеты; 12 – геофизические ракеты; 13 – искусственные спутники; 14 – отражение звуковых волн; 15 – отражение средних радиоволн; 16 – отражение коротких радиоволн; 17 – полярные сияния в нижней ионосфере; 18 – полярные сияния в верхней ионосфере; 19 – метеоры; 20 – наивысшая концентрация озона [3, 6]

*Прямая солнечная радиация* – это коротковолновая радиация Солнца, которая доходит до поверхности Земли непосредственно от диска Солнца в виде пучка параллельных лучей.

*Рассеянная солнечная радиация* – это коротковолновая радиация Солнца, которая поступает со всего небосклона. Она обуславливает солнечный свет в пасмурный день.

При ясном небе рассеянная радиация не превышает 10 %, а при облачном – может быть больше прямой, а при малой высоте Солнца солнечная радиация практически вся состоит из рассеянной.

Прямая и рассеянная солнечная радиация вместе составляют *суммарную солнечную радиацию*.

Солнечная радиация, которая достигает поверхности Земли, частично поглощается верхним слоем почвы или воды, а частично отражается назад в атмосферу (отраженная радиация). Величина, которая характеризует отражающую способность физических тел – это *альбедо*. Она измеряется отношением в процентах отраженной и суммарной солнечной радиации.

Поскольку суммарная солнечная радиация больше отраженной, то земная поверхность нагревается и излучает в атмосферу длинноволновое излучение, которое называется *земным излучением*. Значительная часть этого излучения поглощается водяным паром, углекислым газом и облаками атмосферы. Потеря тепла земной поверхности из-за этого поглощения частично компенсируется направленным вниз излучением атмосферы (*противоизлучение*). Разница этих излучений называется *эффективным излучением*.

В целом разница между приходом солнечной радиации (поглощенной суммарной радиацией) и ее расходом (эффективным излучением) – это *радиационный баланс атмосферы*. Он в годовом цикле для всей Земли в планетарном масштабе положителен, за исключением ледяных плато Антарктиды и Гренландии.

**5.3 Тепловой режим атмосферы** Солнечные лучи проходят через нижние слои атмосферы и практически не нагревают ее. Они нагревают поверхность земли, и уже от нагретой поверхности тепло передается прилегающим слоям воздуха. Существует значительная разница между нагреванием водной поверхности и суши.

Водоемы нагреваются и остывают более медленно, чем суша, поэтому днем они прохладней, а ночью теплее, чем окружающая суша. Это связано с тем, что теплоемкость воды в 2 раза больше суши, в связи с чем, суша нагревается в 2 раза быстрее, но и также в 2 раза быстрее и остывает. На суше солнечная радиация нагревает только верхний слой почвы, в то время как на водной поверхности солнечные лучи проникают в воду и нагревают более значительную толщу.

Температура на земной поверхности имеет ярко выраженный суточный ход: с восходом Солнца она повышается и достигает максимума в 12 часов пополудни, после чего постепенно понижается и дос-

тигает своего минимума перед восходом Солнца. На водной поверхности суточный максимум температуры наступает около 14–15 часов, а минимум – через 2–3 часа после восхода Солнца. Это связано с выше упомянутой теплоемкостью воды.

Годовой максимум температуры в северном полушарии наблюдается в июле, а минимум – в январе; на водной поверхности соответственно в августе и феврале.

Воздух нагревается при взаимодействии с земной поверхностью (сушей или водой) и важную роль в переносе тепла от нее в выше расположенные слои тропосферы играют турбулентный теплообмен, а также вертикальное (*конвекция*) и горизонтальное (*адвекция*) перемещение воздуха.

Нагретый от земной поверхности воздух поднимается вверх и расширяется. На расширение затрачивается энергия, которая приводит к понижению температуры воздуха. В сухом воздухе через каждые 100 м подъема температура понижается на  $1^{\circ}\text{C}$ , но так как в воздухе всегда находится водяной пар, то при понижении температуры постоянно происходит конденсация и, следовательно, выделение тепла. В связи с этим считается, что температура воздуха на каждые 100 м подъема понижается в среднем на  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Когда же воздух опускается вниз, то температура воздуха повышается на каждые 100 м на  $1^{\circ}\text{C}$ .

Бывают случаи, когда на некоторой высоте воздух более теплый, чем у поверхности. Это – *температурная инверсия*. Она возникает при сильном радиационном охлаждении земной поверхности в результате земного излучения, над холодными течениями, в горных котловинах при стекании вниз по склонам холодного воздуха и др. Температурные инверсии играют значительную роль в формировании погоды и климата. Наглядное представление о размещении температуры воздуха на земной поверхности дают карты *изотерм* – линий, которые соединяют точки с одинаковой температурой.

На основе размещения температуры воздуха на Земле выделяют следующие тепловые пояса:

– *горячий пояс* ( $0\text{--}30^{\circ}$  широты). Ограничен годовой изотермой  $+20^{\circ}\text{C}$ .

– *умеренные* – ограничены годовой изотермой в  $10^{\circ}\text{C}$ .

– *холодные* – ограничен изотермой в  $0^{\circ}\text{C}$  самого теплого месяца.

– *вечно мороза* – средняя температура каждого месяца ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

**5.4 Атмосферное давление** 1 м<sup>3</sup> воздуха весит 1,3 кг, а на 1 м<sup>2</sup> земной поверхности атмосферное давление составляет 10333 кг. Давление воздуха уравнивается давлением столбика ртути высотой 760 мм на уровне моря при температуре 0° С на 45° географической широты. Это *нормальное атмосферное давление*. Согласно международной системе 1 мм ртутного столба соответствует 1,333 гПа, а 1 гПа = 0,75 мм рт. ст.

С высотой атмосферное давление понижается. С этим явлением связано понятие барической ступени. *Барическая ступень* – это расстояние в метрах, на которое необходимо подняться или опуститься, чтобы атмосферное давление изменилось на 1 мм. В приземном слое воздуха до высоты 1 км барическая ступень составляет 11 м, а на высоте 2 км – 13,5 м.

При помощи барической ступени можно вычислить относительную высоту местности или построек:

$$h = DH (P_1 - P_2),$$

где  $h$  – высота;  $DH$  – барическая ступень,  $P_1$  – давление у подножья,  $P_2$  – давление у вершины

Давление воздуха на земную поверхность и его распределение называется *барическим полем*. Распределение давления воздуха на картах изображают при помощи изобар – линий, соединяющих точки с одинаковым давлением.

Глобальное распределение атмосферного давления на Земле характеризуется чередованием четко определенных зон высокого (тропики, полюса) и низкого (экватор, умеренные широты) давления. Эти зоны распадаются на замкнутые области – высокого давления (*барические максимумы*) и низкого давления (*барические минимумы*). Барические максимумы (Азорский, Гавайский, Азиатский и др.) и минимумы (Исландский, Алеутский и т.д.) играют значительную роль в циркуляции атмосферы и установлении климата и погодных условий той или иной области Земли.

Непосредственно с атмосферным давлением связан ветер. *Ветер* – это горизонтальное движение воздуха из области с высоким давлением в область с низким давлением. Ветер характеризуется скоростью, силой, направлением.

Скорость ветра измеряется в м/сек, км/ч, узлах или баллах. Она зависит в первую очередь от величины барического градиента: чем он больше, тем выше скорость ветра.



Сила ветра определяется давлением, которое оказывает воздух,двигающийся на предметы и измеряется в  $\text{кг}/\text{см}^2$ . Она зависит от скорости:

$$P = 0,25 \cdot V^2 \text{ кг}/\text{м}^2$$

где  $P$  – сила ветра,  $V$  – скорость,  $0,25$  – коэффициент

Направление ветра определяется той точкой горизонта, откуда он дует (западный – с запада, южный – с юга и т.д.). Направление ветра часто изменяется как во время суток, так и во время года. Для отражения частоты повторяемости ветров различных направлений используют векторную диаграмму – *розу ветров* (рисунок 19).

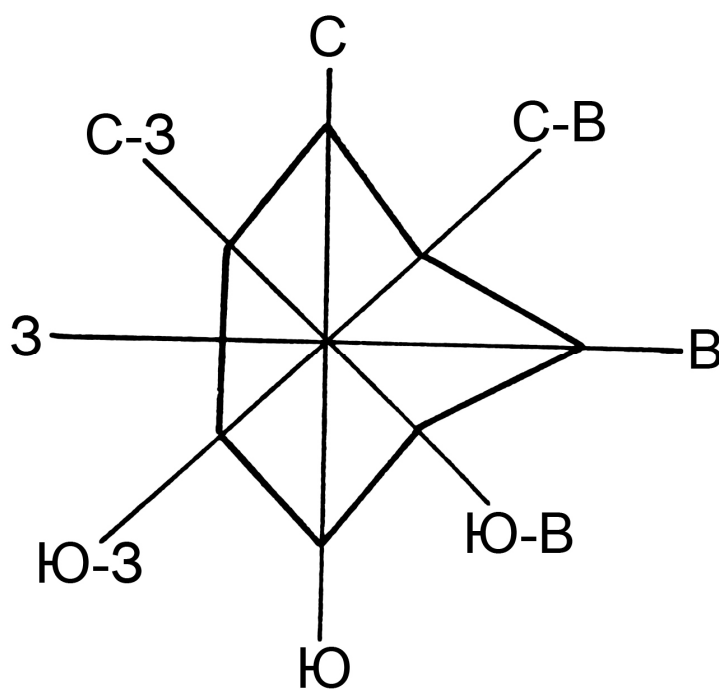


Рисунок 19 – Роза ветров

Комплекс барических полей, максимумов и минимумов образуют общую систему атмосферной циркуляции, представленную местными ветрами, воздушными массами и атмосферными фронтами.

*Местные ветра* – это ограниченные в распространении ветра, характерные только для данной местности. Их образование определено местными причинами, главным образом влиянием рельефа. К таким ветрам относятся бризы, горно–долинные ветры, фёны, борá и др.

*Бриз* возникает на берегу морей, крупных озер и рек и характеризуется резкой сменой направления ветра в течение суток. Днем суша более нагрета, чем вода, поэтому над сушей образуется область с низким давлением (воздух поднимается вверх) и прохладный воздух дует в направлении берега. Ночью – наоборот.

*Горно–долинные ветра*, как и бризы, имеют суточную периодичность. Днем воздух около склонов горной долины нагревается больше, чем воздух на такой же высоте, но на некотором расстоянии от склона. В результате этого теплый воздух движется вверх по склону, а над долиной он опускается и движется к склону. Ночью воздух около склона более холодный, чем над долиной и он скатывается вниз с вершин.

*Фён* – это теплый сухой и порывистый ветер, который дует с высоких гор. Он возникает при большой разнице в давлении воздуха на одной и другой стороне горного хребта. На наветренном склоне, где более высокое давление, воздух поднимается по склону и остывает (на каждые 100 м на  $0,6^{\circ}$  С), теряет влагу (образуются облака, выпадают осадки). При достижении горного перевала, через каждые 100 м нагревается на  $1^{\circ}$ С и все больше удаляется от возможности конденсации осадков. Поэтому он теплый и сухой.

*Бора* – холодный мощный ветер, который дует с невысоких прибрежных гор в сторону моря. Он возникает в том случае, когда холодный воздух над сушей отделен от теплого над водой небольшим горным хребтом. Холодный воздух постепенно накапливается на суше перед склоном, достигает горного перевала и скатывается вниз. Так как горы невысоки, то воздух не успевает прогреться.

*Воздушные массы* – это большие объемы воздуха в тропосфере, которые обладают определенными однородными свойствами и перемещаются как единое целое в системе общей циркуляции атмосферы. По происхождению воздушные массы делят на: экваториальные, тропические, полярные (умеренные) и арктические.

Воздушные массы разделены пограничными зонами – атмосферными фронтами. *Атмосферный фронт* – это узкая переходная зона или поверхность раздела между двумя воздушными массами с различными физическими свойствами.

В том случае, если теплый воздух натекает на холодный, то образуется *теплый атмосферный фронт* (рисунок 20), а если холодный воздух подтекает под теплый – то образуется *холодный атмосферный фронт*.

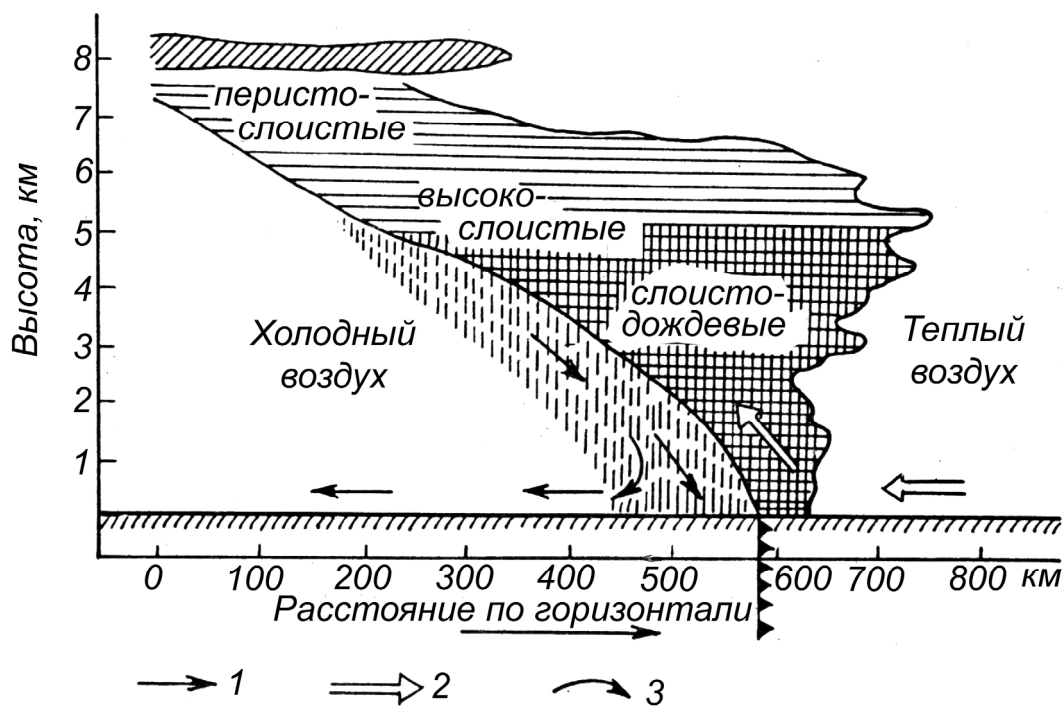


Рисунок 20 – Вертикальный разрез теплого воздушного фронта.  
 1 – направление движения ветра; 2 – движение теплого воздуха;  
 3 – движение холодного воздуха [6]

С общей циркуляцией атмосферы связаны также такие ветры как *пассаты* (дуют с тропиков на экватор), *тропические* (Индия, Бангладеш, страны полуострова Индокитай) и *внетропические* (Дальний Восток) *муссоны* (2 раза в год меняют свое направление), а также *западные ветры* (преобладают в умеренных широтах).

Межширотный перенос воздуха в умеренных широтах осуществляется при помощи *внетропических циклонов* и *антициклонов*.

*Циклон умеренных широт* – это область пониженного атмосферного давления, в которой воздух движется от периферии к центру против часовой стрелки в Северном полушарии и по часовой стрелке в Южном. Воздух засасывается в центр депрессии и поднимается вверх. Они сопровождаются ветренным, в большей части облачной с осадками погодой, летом прохладной, зимой – относительно теплой, часто с оттепелями. Продолжительность существования – около недели.

*Антициклон* – это область высокого атмосферного давления, в которой воздух движется от центра к периферии сверху вниз. По мере движения вниз воздух разогревается, теряет влагу и отдаляется от точки конденсации, поэтому в антициклоне формируется ясная сухая погода, с высокой летней и низкой зимней температурой.

## Вопросы для самоконтроля:

- 1 Какое место в Солнечной системе занимает Земля?
- 2 Опишите следствия вращения Земли вокруг Солнца и своей оси?
- 3 Охарактеризуйте атмосферу Земли.
- 4 Охарактеризуйте понятие «солнечная радиация»? Какие виды излучений, связанные с Землей вы можете указать?
- 5 Расскажите об атмосферном давлении и его роли в формировании ветра и планетарных воздушных масс.
- 6 Опишите характеристики ветра как явления, а также виды местных ветров и атмосферные фронты.

## Лабораторная работа 1 Система «Солнце–Земля»

**Цель:** ознакомление с влиянием вращения Земли вокруг Солнца, причинами смены сезонов года и продолжительности дня

**Материал и оборудование:** рисунки Земли относительно Солнца, физико–географическая карта Гомельской области и Беларуси, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

- 1 Воспроизведите рисунки 21–23 и сравните видимое движение Солнца над горизонтом в разные сезоны на одной широте и в одинаковые сезоны на разных широтах.

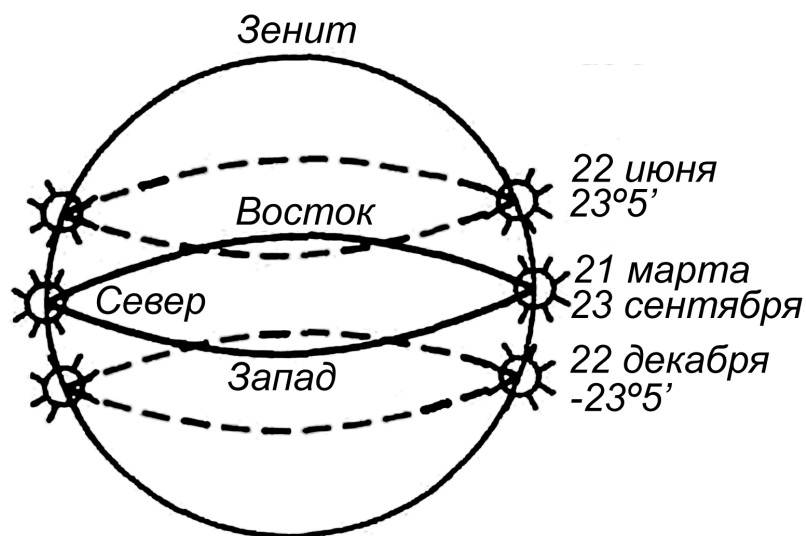


Рисунок 21 – Видимое суточное движение Солнца для наблюдателя над горизонтом на северном и южном полярных кругах в дни солнцестояний

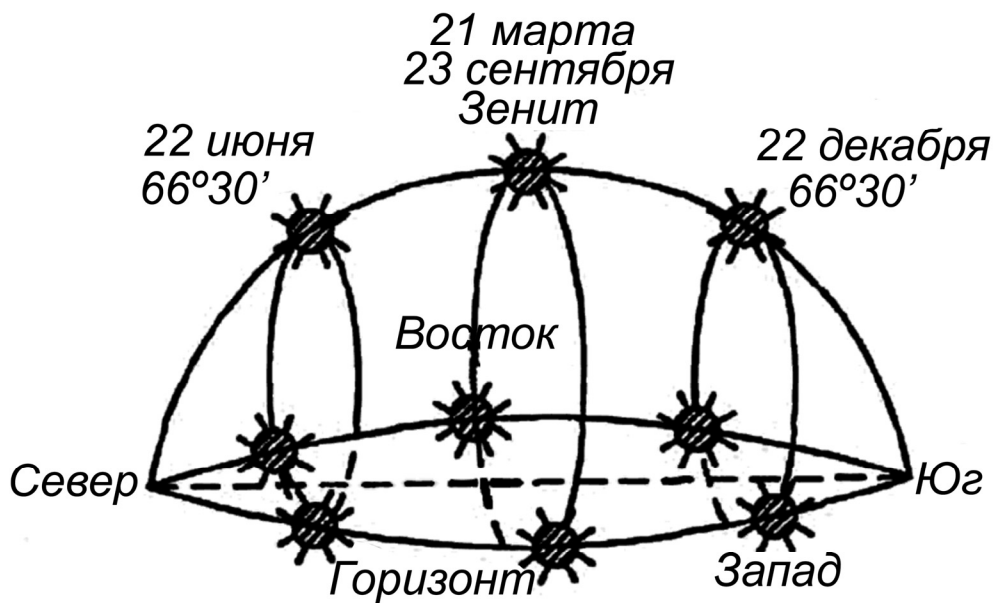


Рисунок 22 – Видимое движение Солнца над горизонтом для наблюдателя на экваторе в дни равноденствия и солнцестояния

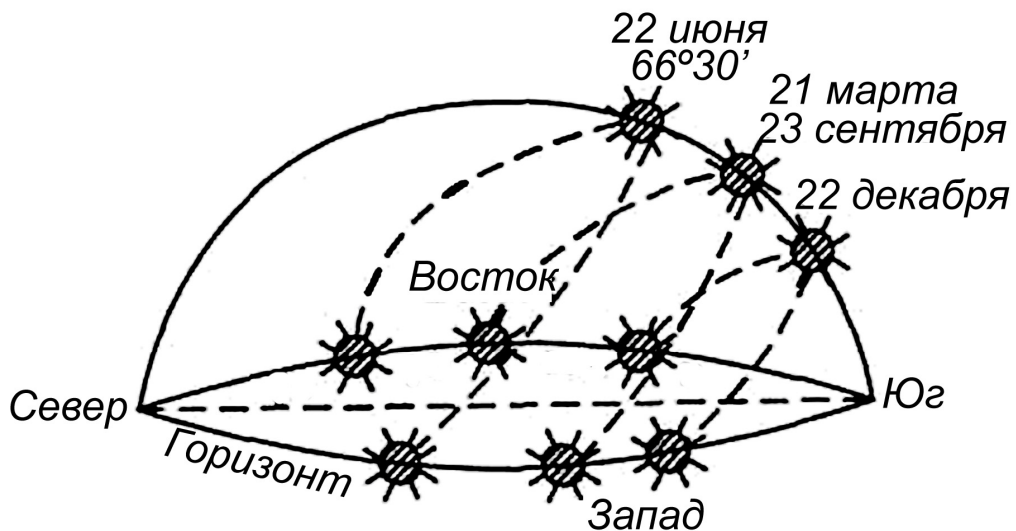


Рисунок 23 – Видимое движение Солнца над горизонтом для наблюдателя в средних широтах в дни равноденствия и солнцестояния

2 Вычислите полуденную высоту Солнца на разных широтах (экватор, тропики, полярные круги, полюс, г. Минск, г. Гомель, г. Мозырь, г. Светлогорск) в дни равноденствий и солнцестояний.

Для выполнения задания следует пользоваться формулами:

а) для дней равноденствия

$$h = 90^\circ - b,$$

где  $h$  – высота Солнца,  $b$  – широта места;

б) для дней солнцестояния

$$h = (90^\circ - b) \pm 23^\circ 27',$$

где  $23^\circ 27'$  – широта тропика.

Для пунктов, расположенных между экватором и тропиками, высоту Солнца над горизонтом в день летнего солнцестояния определяют так: из  $90^\circ$  нужно вычесть разницу в широте между тропиками и данным пунктом. Например, для г. Дакара (западное побережье Африки) высота Солнца равна:  $90^\circ - (23^\circ 27' - 14^\circ) = 80^\circ 33'$ .

3 Пользуясь графиком (рисунок 24), определите наибольшую и наименьшую продолжительность дня в следующих населенных пунктах Беларуси: Минск, Гомель, Витебск, Гродно, Могилев, Брест, Несвиж, Бобруйск, Каменюки, Туров, Домжерицы, а также в самых крайних северной, южной, западной и восточной точках Беларуси. Оформите полученные результаты в виде таблицы (см. таблицу 15):

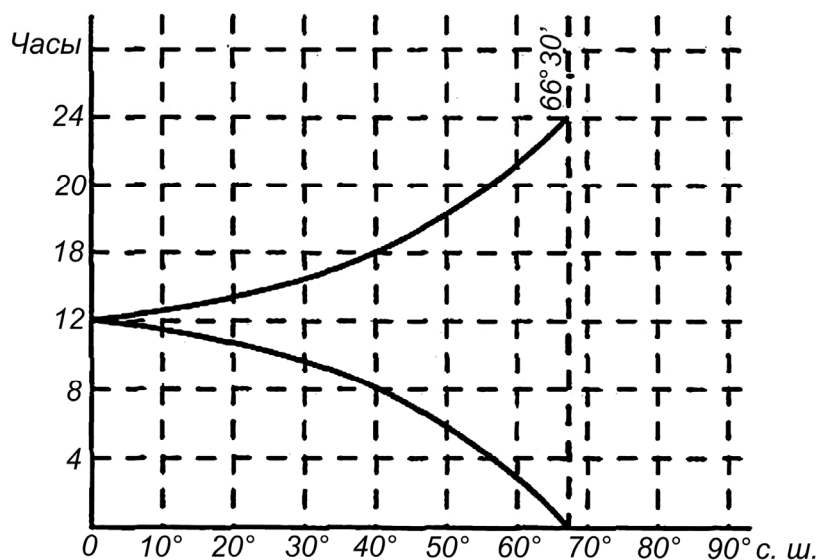


Рисунок 24 – График продолжительности самого длинного и самого короткого дня в Северном полушарии [9]

Таблица 15 – Наибольшая и наименьшая продолжительность дня

Точка наблюдения	Географическая широта	Продолжительность дня

4 Объясните причины изменения продолжительности дня в течение года. Объяснение напишите в лабораторный альбом.

## Лабораторная работа 2 Солнечная радиация

**Цель:** ознакомление с понятиями «солнечная радиация», анализ теплового баланса атмосферы и выявление взаимосвязи между интенсивностью поступления суммарной солнечной радиацией и температурным режимом планеты.

**Материал и оборудование:** схема среднегодового радиационного баланса атмосферы, карты изотерм июля и января, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

1 Воспроизведите в лабораторном альбоме схематично рисунок 25.

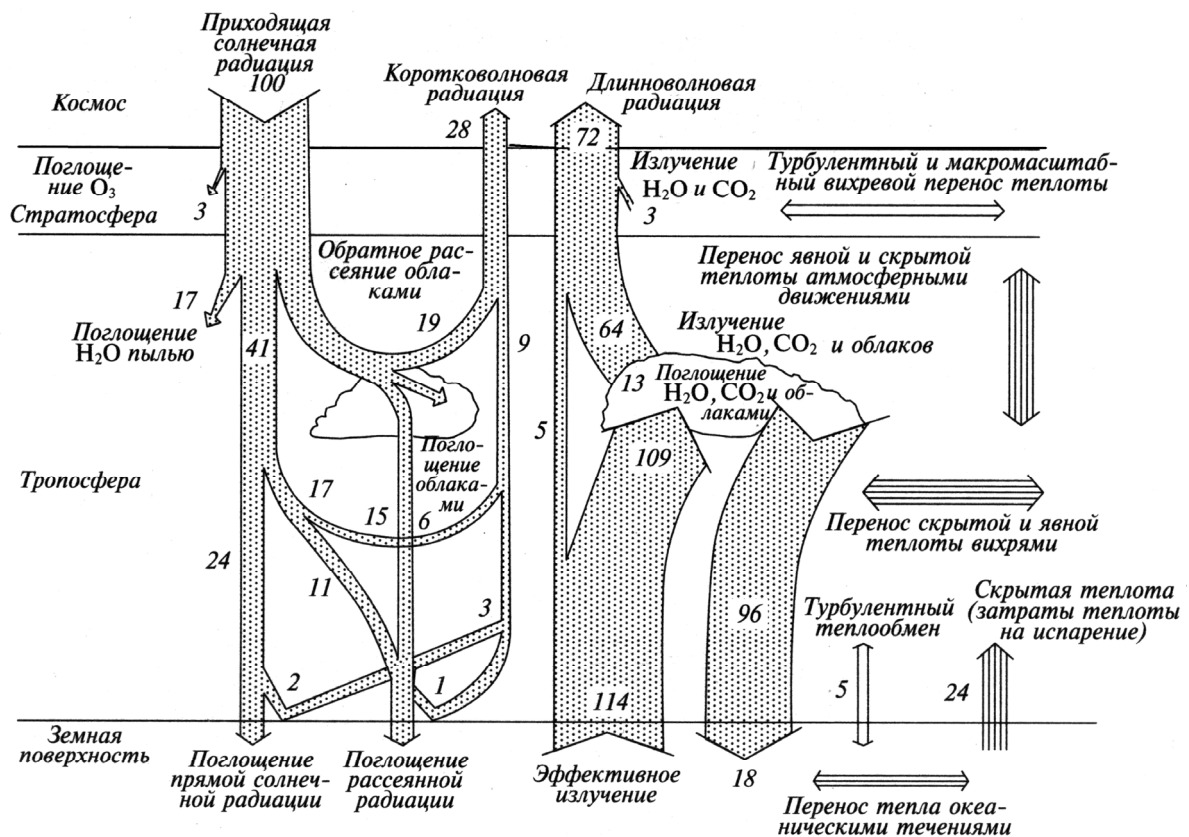


Рисунок 25 – Схема среднегодового теплового баланса (%) [3]



2 Определите, что играет большую роль в нагревании атмосферы: непосредственное поглощение солнечной радиации или тепло, поступающее от земной поверхности? Ответ запишите в альбом.

3 Выявите, в какую сторону (поглощенная, эффективное излучение, земное излучение, противоизлучение атмосферы) и как будет изменяться радиационный баланс атмосферы над городом, смешанным лесом и лугом в солнечную и облачную погоду? Учтите, что в городе находятся промышленные предприятия и интенсивные транспортные потоки. Решение запишите в лабораторный альбом.

4 Проанализируйте на карте мира (рисунки 26 и 27) ход июльских и январских изотерм.

5 Постройте совмещенные графики изменения температур воздуха в январе и июле по меридианам 20° з. д. и 120° в. д. По оси абсцисс откладываются точки пересечения меридиана изотермами, по оси ординат – температуру (положительную – вверх, отрицательную – вниз от горизонтальной оси). Рекомендуемый масштаб осей: абсцисс – 1 см=10°, ординат – 1 см=5°.

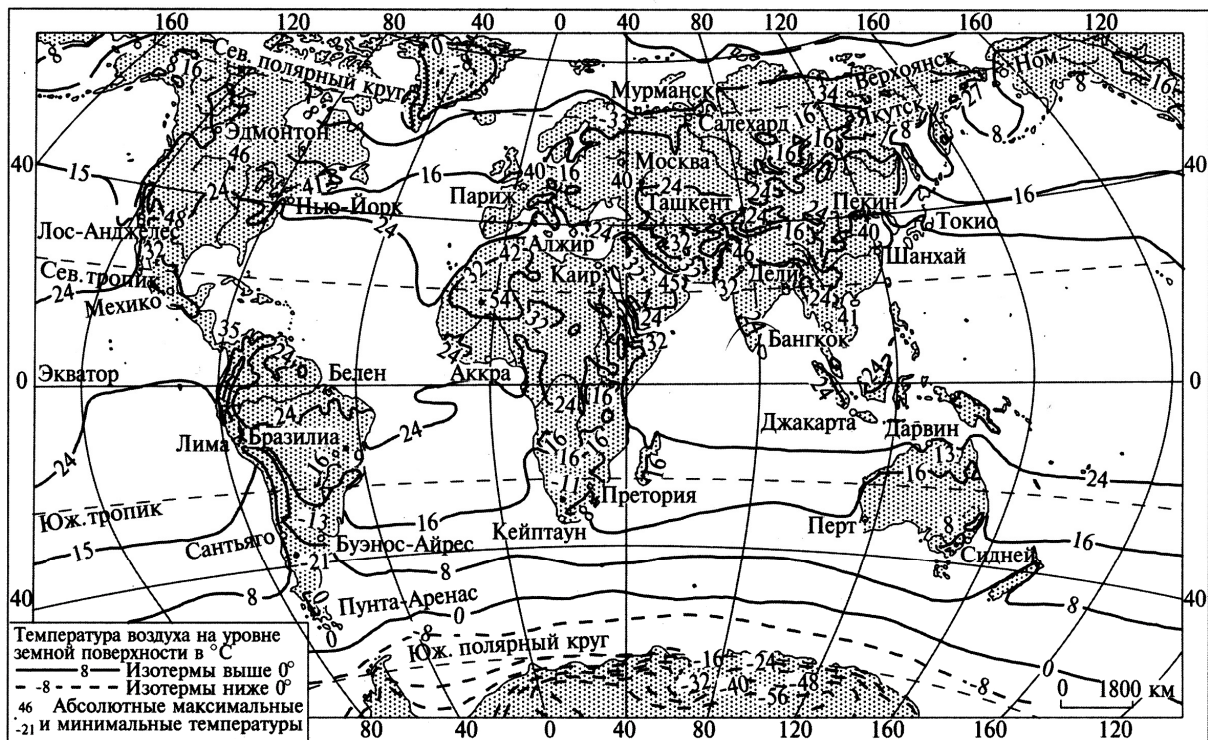


Рисунок 26 Карта изотерм июля [9]



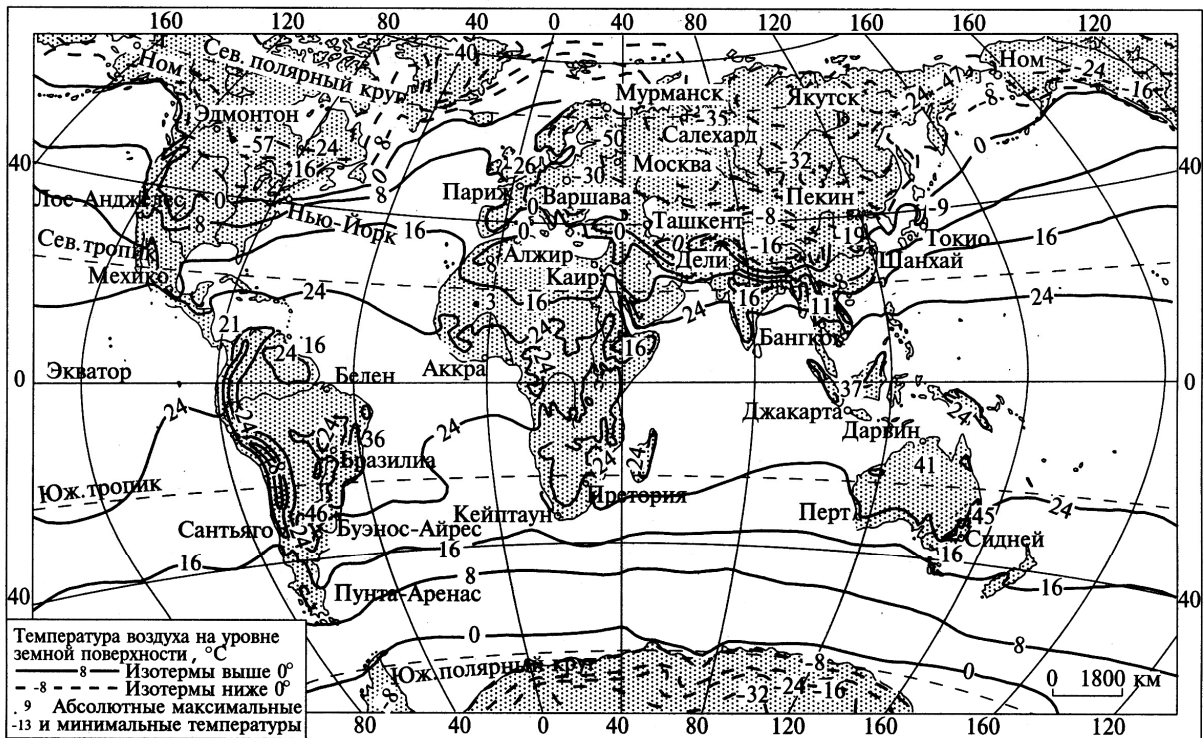


Рисунок 27 Карта изотерм января [9]

6 На основании анализа построенных графиков выясните:

А) Как изменяется годовая амплитуда температуры воздуха над Атлантическим океаном в северном и южном полушариях.

Б) Как изменяется годовая амплитуда температуры воздуха по меридиану 120° в. д. в северном и южном полушариях?

В) Где годовые амплитуды наибольшие и где наименьшие? Почему?

Ответы запишите в лабораторный альбом.

### Лабораторная работа 3 Атмосферное давление

**Цель:** ознакомление с понятием «атмосферное давление» и видами его проявления – ветром, научиться анализировать высоту местности при помощи атмосферного давления.

**Материал и оборудование:** данные по давлению на различных высотах, данные по преобладающим ветрам, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

## *Ход работы*

1 Рассмотрите ниже приведенные данные по атмосферному давлению:

750, 783, 775, 790, 763 мм.

1030, 1005, 989, 1013 гПа.

2 Давление, выраженное в миллиметрах, выразите в гектопаскалях, а давление, выраженное в гектопаскалях, выразите в миллиметрах.

3 Определите относительную высоту холма. У подножья холма давление 1017,9 гПа, а на вершине 1013,5 гПа, температура воздуха 16,4°C (барическая ступень определяется по таблице 16).

Таблица 16 – Величина барической ступени

Температура, °С	Давление воздуха, гПа						
	960	973	987	1000	1013	1027	1040
+30	12,43	12,25	12,10	11,94	11,78	11,63	11,48
+28	12,35	12,17	12,01	11,85	11,70	11,55	11,40
+26	12,26	12,08	11,93	11,77	11,61	11,46	11,31
+24	12,17	11,99	11,84	11,68	11,53	11,38	11,23
+22	12,08	11,90	11,75	11,60	11,44	11,29	11,14
+20	11,99	11,82	11,67	11,51	11,36	11,21	11,06
+18	11,90	11,73	11,58	11,43	11,27	11,12	10,97
+16	11,81	11,64	11,49	11,34	11,19	11,04	10,89
+14	11,72	11,55	11,41	11,25	11,11	10,96	10,82
+12	11,63	11,47	11,32	11,17	11,02	10,88	10,74
+10	11,56	11,38	11,23	11,08	10,93	10,80	10,66
+8	11,46	11,29	11,15	11,00	10,85	10,71	10,57
+6	11,37	11,20	11,06	10,91	10,77	10,63	10,49
+4	11,28	11,12	10,97	10,83	10,69	10,55	10,41
+2	11,19	11,03	10,89	10,74	10,60	10,46	10,32
0	11,10	10,94	10,80	10,66	10,52	10,38	10,24
-2	11,01	10,85	10,71	10,58	10,44	10,30	10,16
-4	10,92	10,76	10,63	10,49	10,35	10,21	10,07
-6	10,83	10,68	10,54	10,41	10,28	10,13	9,99
-8	10,74	10,59	10,45	10,32	10,20	10,05	9,91
-10	10,74	10,50	10,37	10,24	10,11	9,96	9,82

4 Постройте розу ветров по данным таблицы 17.

Таблица 17 – Повторяемость ветра по румбам

Направление ветра по 16 румбам	Повторяемость ветра по 16 румбам
С	2
ССВ	7
СВ	3
ВСВ	3
В	0
ВЮВ	12
ЮВ	1
ЮЮВ	5
Ю	12
ЮЮЗ	14
ЮЗ	17
ЗЮЗ	10
З	9
ЗСЗ	5
СЗ	3
ССЗ	20

Розу ветров строят по восьми основным румбам (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ). Данные промежуточных румбов (ССВ, ВСВ, ЮЮВ и т.д.) разбиваются между основными соседними румбами. Из центральной точки по направлению основных румбов проводят прямые линии. На линиях от центра откладывают отрезки, соответствующие по величине частоте повторяемости ветра того или иного направления (повторяемость выражается в процентах или количестве повторений). Концы отрезков соединяют.

Предварительно разбейте повторяемость ветров промежуточных румбов (ССВ, ВСВ и т.д.) между соседними основными румбами (С, СВ и т.д.). Нечетные числа разбиваются так, что большее число относится к румбу с большей повторяемостью. Например, ветер С румба повторяется 3 раза, ветер ССЗ – 9 раз, СВ – 5 раз, тогда при разбивке повторяемости промежуточного (ССЗ) румба к северному добавляют 4 ( $3+4=7$ ), а к северо-западному 5 ( $5 + 5 = 10$ ).

## Тема 6 Гидросфера

- 6.1 Круговорот воды в природе.
- 6.2 Водяной пар в атмосфере.
- 6.3 Атмосферные осадки.
- 6.4 Надземные и подземные воды.

**6.1 Круговорот воды в природе** Круговорот воды – один из важнейших процессов в географической оболочке. На Земле перемещение воды совершается в различных формах и все водоемы связаны между собой. В них происходит постепенная смена воды, но скорость водообмена неодинакова и зависит от множества причин, среди которых важную роль играет и агрегатное состояние воды, и характер водовмещающей среды.

В круговороте воды выделяют три основных структурные компоненты: материковую, океаническую и атмосферную.

1) *Материковая компонента круговорота воды.* Попадая на поверхность суши в виде атмосферных осадков, вода частично просачивается в почву и глубже, частично стекает по поверхности, формируя поверхностный и речной сток, а затем вливается в озера, моря и океаны. Просочившаяся в почву вода частично поднимается по корневой системе и стеблям растений, а также по почвенным капиллярам к поверхности и испаряется. Другая часть просочившейся в грунт влаги перемещается в виде внутрипочвенного стока и подземных вод более глубоких горизонтов. Она выходит на земную поверхность на склонах (источники), в руслах рек или на дне озер и морей.

Особый характер имеет динамика ледников. В ледниках сосредоточена большая часть запасов пресной воды земного шара. Особенно большие запасы воды в материковых ледниках, мощность которых до 4 км (Антарктида и Гренландия). Горные ледники движутся от области питания к области абляции в виде языков. Края ледников располагаются на таком уровне, где поступление льда сверху оказывается равным количеству растаявшего и испарившегося льда. Этот уровень соответствует снеговой линии.

2) *Океаническая компонента круговорота воды.* Океан нагревается главным образом сверху за счет поглощения солнечной радиации и теплового излучения атмосферы. Геотермический поток, идущий к океаническому дну из земных недр, незначителен и не оказывает существенного влияния на его тепловой режим. Нагревание сверху делает океан гидростатически устойчивым (верхние слои прогреваются,

а нижние оказываются холодными), поэтому вертикальные движения в океане выражены гораздо слабее, чем в атмосфере. Общая совокупность перемещений воды в океане складывается из движений и круговоротов различных пространственных и временных масштабов. В этом спектре движений особый интерес с позиций общего землеведения представляет общая циркуляция океанических вод – устойчивая крупномасштабная система движений.

Среди факторов возникновения океанической циркуляции различают механические и термохалинные. Важнейший *механический* фактор – ветровое трение о поверхность воды, благодаря которому океан получает механическую энергию от атмосферы. Ветер вызывает дрейфовые течения, обуславливающие сгон воды в одних районах и нагон в других. Возникают разности уровней воды и соответствующий градиент давления, которые вызывают течения, называемые градиентными (стоковые и сгонные). Все течения такого рода называют ветровыми, поскольку в основе их возникновения находится движение воздуха.

*Термохалинные* факторы (получение и отдача тепла, атмосферные осадки, испарение, приток воды с материков) влияют на температуру и соленость воды и тем самым определяют ее плотность. Более плотные воды опускаются (особенно эффективен процесс испарения, который делает воду более холодной и одновременно более соленой), что приводит к вертикальному перемешиванию. Вертикальные движения вызывают горизонтальные. Следовательно, циркуляция, вызванная термохалинными факторами, дополняет ветровую.

3) *Атмосферная компонента круговорота воды*. Содержание воды в атмосфере невелико. При осаднении всей воды, содержащейся в атмосфере, на земную поверхность образуется слой всего лишь в 25 мм. Но атмосфера выполняет важные функции в интеграции всех водных резервуаров в единую систему влагооборота.

Важное значение имеет большая подвижность атмосферы, благодаря которой идет интенсивный влагообмен. В атмосфере на уровне облаков водяной пар конденсируется, причем зачастую до этого он переносится на большие расстояния.

Вместе с водяным паром переносится энергия, перешедшая в скрытую форму при испарении. Общая величина этой энергии составляет более 80 % радиационного бюджета. Выделение в атмосферу скрытого тепла при конденсации – важнейший энергетический источник атмосферных движений. Вот почему водяной пар иногда образно называют «основным топливом атмосферы».

**6.2 Водяной пар в атмосфере** В воздухе постоянно находится водяной пар, который поступает туда за счет испарения воды. *Испарение* чаще всего выражается в миллиметрах толщины слоя воды, которая испаряется за определенное время. Его интенсивность зависит от температуры воздуха, влажности, скорости ветра у поверхности испарения и, кроме того, от количества воды, которая может испариться.

Непосредственно с испарением связана и *испаряемость* – условная величина, показывающая максимально возможное испарение при данных погодных и климатических условиях местности.

Влажность воздуха определяется количеством в нем воздушного пара и характеризуются показателями абсолютной и относительной влажности, дефицитом увлажнения (см. раздел «Влажность как экологический фактор среды»).

Важными физическими свойствами воды является способность к сублимации и конденсации. *Конденсация* – это переход водяного пара в жидкое состояние, а *сублимация* – в твердое при отрицательной температуре. Все эти процессы в нижних слоях атмосферы протекают при достижении точки росы.

*Роса* – это конденсация жидкой воды из водяного пара воздуха при охлаждении поверхности земли, предметов и растений в вечерние и ночные часы до температуры ниже *точки росы* при ясной тихой погоде. Появление росы является местным признаком будущей хорошей погоды на следующий день.

*Иней* образуется аналогичным способом, но при помощи сублимации при отрицательной температуре.

*Изморозь* образуется во время сильных морозов, когда в воздухе летают мелкие кристаллики льда, которые постепенно оседают на окружающих предметах (ветви деревьев, провода и т.д.).

*Гололедица* бывает при инверсии температуры, когда на переохлажденную поверхность выпадает дождь (капли тотчас замерзают и образуют гладкую корку льда).

При больших объемах конденсации в приземном слое воздуха образуется туман, а в свободной атмосфере – облака.

*Туман* – представляет собой огромное количество водяных капелек или кристалликов льда, которые осели на ядра конденсации в приземных слоях атмосферы.

От тумана следует отличать *атмосферную дымку*, которая представляет собой помутнение атмосферы при наличии в ней водяных капель при видимости 1 км.

Туманы бывают:

а) *радиационные* (образуются над сушей при понижении температуры) в результате радиационного охлаждения земной поверхности и от нее – и воздуха) чаще возникают в ясные ночи при слабом ветре. Как и роса является местным признаком будущей хорошей погоды. Быстро рассеиваются с восходом Солнца.

б) *адвекционные* (образуются в результате охлаждения теплого влажного воздуха при его движении над более прохладной поверхностью суши или воды) занимают большие площади и могут не рассеиваться днем.

*Облака* – система завислых в свободной атмосфере продуктов конденсации водяного пара (капелек воды, кристалликов льда или их смеси).

По высоте облака делятся на 4 семейства, а по внешнему виду – на 10 родов:

А) *Семейство I* (верхний ярус – выше 6 км)

– *перистые*: в виде тонких белых нитей или обрывков и вытянутых гряд волокнистого строения, часто с шелковистым блеском. Солнце закрывают, но незначительно ослабляют сияние. Состоят из ледяных кристаллов, которые оседают на землю, но, не долетев до поверхности, тают.

– *перисто–кучевые*: гряды или слои белых облаков без тени. По краям часто имеют волокнистое строение. Хорошо просвечивают Солнце и Луну и состоят, главным образом, из ледяных кристаллов. Осадков не дают и наблюдаются чаще всего утром и днем.

– *перисто–слоистые*: белесое полупрозрачное покрывало, часто слегка волокнистое, может закрывать все небо. Наблюдаются чаще всего днем, Солнце и Луну хорошо просвечивают и состоят из льдинок похожих на иглы. Осадков не дают.

Б) *Семейство II* (средний ярус – от 2 до 6 км)

– *высококучевые*: белые или серые облака в виде слоев гряд, кругловатых валов, комков. Состоят из капелек воды, но при низких температурах имеют ледяные кристаллы. Солнце через них просачивается слабо или совсем не видно. Осадков не дают.

– *высокослоистые*: сероватый или синеватый облачный слой волокнистой или однородной структуры. Днем через них, как через запыленное стекло можно найти местонахождение Солнца, а ночью – Луны. Летом из них изредка выпадает дождь, зимой – снег.

В) *Семейство III* (нижний ярус от 0,2 до 2 км)

– *слоистые*: серый облачный слой с достаточно однородной основой, из которого может выпадать морось и снег. Часто нижняя по-

верхность облаков бывает как бы порванной, комковатой. Обычно закрывают все небо серым заслоном. Чаще всего наблюдаются утром.

– *слоисто–кучевые*: имеют вид серых или белых слоев и гряд, практически всегда с темными частями, которые состоят из крупных округлых или валоподобных структур. Наблюдаются чаще всего вечером и состоят из мелких капелек, но изредка могут попадаться крупные капли дождя и ядра крупы, снежинки. Осадки в большинстве случаев из этих облаков не выпадает.

– *слоисто–дождевые*: серое облачное покрывало мрачного вида, которое занимает все небо без просветов. Состоит из капелек в смеси со снежинками, в теплое время – из крупных капель дождя. Из них выпадает обложной снег или дождь.

Г) *Семейство IV* (облака вертикального развития в границах нижнего и среднего ярусов)

– *кучевые*: плотные и более развитие в вертикальном направлении облака с белыми куполообразными вершинами и плоским темноватым основанием. Размещены без особого порядка, но иногда могут образовывать гряды и цепи. Состоят из капелек воды, но осадки выпадают только из очень крупных облаков этого рода.

– *кучево–дождевые*, или *грозовые*: плотные мощные облака белого цвета с темной основой. Состоят из крупных капель воды, крупы, града. Осадки имеют ливневый характер, летом выпадают в виде крупнокапельного дождя или града, часто с грозой.

Совокупность облаков на небе над определенной территорией называют облачностью. Она характеризуется количеством и видом облаков. Количество облаков измеряется в баллах: 0–2 – ясное; 3–7 – полужасное; 8–10 – пасмурное.

**6.3 Атмосферные осадки** *Атмосферные осадки* – это вода, которая выпадает из атмосферы в виде дождя, мороси, крупы, снега или града.

Для того, чтобы капельки воды или кристаллики льда покинули облако в виде осадков должен быть выполнен ряд определяющих условий: во–первых, должны присутствовать в атмосфере так называемые *ядра концентрации* (мелкие частицы и пылинки на основе которых формируются капли), и, во–вторых, необходимо, чтобы размеры капель воды и кристаллов льда достигли того уровня, когда они уже не смогут удерживаться в зависшем состоянии.

*Морось* – это осадки в виде мелких капелек диаметром 0,05–0,5 мм.



Капли *дождя* более крупные и достигают диаметра до 8 мм. Дождь может быть *обложной* (продолжительный, с равномерной интенсивностью, выпадает на большой площади, в наших широтах чаще осенью) и *ливневый* (кратковременный и интенсивный, у нас – чаще летом). В целом в Беларуси выпадение дождя связано с циклонами и слоисто–дождевыми или высокосолистыми облаками.

*Снег* выпадает при отрицательных температурах в виде снежных кристалликов – снежинок и образует на земной поверхности равномерное покрытие.

*Снежная крупа* – это вид атмосферных осадков, которые образуются в том случае, когда снежинки с верхней части облака попадают в нижнюю, состоящую из мелких переохлажденных капель воды. Эти капли растекаются по снежинкам и замерзают, образуя шарообразные снежинки диаметром 2–5 мм. Чаще всего выпадают из кучево–дождевых облаков.

*Град* – это атмосферные осадки в виде частиц плотного льда разнообразной формы и размеров. Он образуется в результате многократного вертикального перемещения ледяной крупы внутри кучево–дождевого облака.

Часто облака, особенно кучево–дождевые, несут значительный электрический заряд и между такими облаками, а также и землей возникают электрические разряды (искры) – *молнии*, сопровождаемые громом.

Количество выпавших осадков измеряется в миллиметрах и для этой цели обычно на метеорологических станциях используется специальный прибор – дождемер, представляющий собой цилиндр с отверстиями и мерной линейкой.

По количеству атмосферных осадков обычно нельзя оценить условия увлажнения той или иной территории. Для этого используется коэффициент увлажнения, который показывает отношение суммы осадков к испаряемости за этот же период:

$$K = r / E_m$$

где  $K$  – коэффициент увлажнения,  $r$  – сумма осадков,  $E_m$  – испаряемость

Данный коэффициент – одна из важнейших характеристик, на основе которых выделяют климатические пояса.

**6.4 Надземные и подземные воды** Вся совокупность наземных вод в наших широтах представлена реками, озерами и болотами. Кратко остановимся на каждом из этих видов наземных вод.

*Река* – это естественный водный поток, который движется в направлении уклона земной поверхности в разработанном им углублении – русле.

Река вместе с притоками образует *речную систему*, а поверхность с которой она стекает в одну и ту же речную систему называется *бассейном реки*. Бассейны рек в свою очередь входят в бассейны морей и океанов. Реки Беларуси принадлежат к бассейнам Балтийского и Черного морей.

Реки характеризуются рядом признаков: водным сечением, скоростью течения, расходом воды и стоком. Одной из важных характеристик рек является их *питание*. Существуют четыре основных источника питания рек: дождевое, снеговое, ледниковое и подземное. У белорусских рек наблюдаются все перечисленные виды питания, за исключением ледникового, которое характерно для горных рек.

В годовом режиме рек можно выделить ряд периодов:

- *межень* – наиболее низкий уровень воды (лето и зима);
- *половодье* – весенний долговременный подъем воды в реках в результате таяния снега;
- *паводок* – кратковременный подъем воды в реке, чаще осенью и зимой (при оттепели) связанный с обильными дождями.

*Озеро* – это природное углубление на поверхности суши, заполненное водой.

По происхождению озера весьма разнообразны и часто их классифицируют по озерным котловинам на следующие виды:

- *тектонические* (возникают в прогибах земной коры);
- *вулканические* (занимают кратеры потухших вулканов);
- *ледниковые* (заполняют понижения рельефа, пропаханные ледником);
- *старичные* (образуются в результате деятельности рек);
- *провальные* (результат просадок карстовых пород);
- *эоловые* (заполняют котловины, образовавшиеся в результате выветривания);
- *запрудные* (образуются в результате обвалов в горах).

Озера также классифицируются и по солености вод:

- *пресные* (соленость – 0–1 ‰);
- *солончатые* (1–24,7 ‰);
- *солёные* (25–47 ‰);

– *минеральные* (более 47 ‰).

В Беларуси представлены ледниковые и старичные пресные озера.

*Болото* – это поверхность суши с избыточным увлажнением, покрытая специфической растительностью. Возникновение болот обусловлено рядом причин, а именно: зарастание озер, отсутствие стока на плоских участках суши и др.

По условиям водного питания и характеру растительности болота делятся на 3 типа:

1) *Низинные* (образуются в понижениях с близким залеганием богатых минеральным питанием подземных вод). В свою очередь подразделяются на:

- лесные (черноольховые, березовые и т.д.);
- кустарниковые;
- травяные;
- травяно–мховые;
- мховые.

В Беларуси довольно широко распространены в Полесье.

2) *Верховые* (чаще возникают на водоразделах и имеют выпуклую форму). Питаются за счет атмосферных осадков, бедных минеральными веществами. В результате этого растительность верховых болот намного беднее таковой низинных. Но, в то же время, на верховых болотах растут растения, которые больше нигде не встречаются, например, клюква. Чаще болота этого типа распространены в Поозерье.

3) *Переходные* (представляют собой переходный тип). Распространены по всей территории Беларуси.

Болота используются для добычи торфа и, кроме этого, в природе являются регуляторами уровня грунтовых вод и в результате процесса торфообразования обогащают атмосферу кислородом.

Кроме наземных, большое значение имеют также и подземные воды.

*Подземные воды* – это воды, которые находятся в толще горных пород верхней части земной коры в жидком, твердом и газообразном состоянии. Формируются в основном при инфильтрации с земной поверхности дождевых, талых, речных, озерных и морских вод, а также при конденсации водяного пара в порах и трещинах пород, которые поступают из глубины при кристаллизации магмы.

В земле вода может находиться только в порах, пустотах или трещинах и встречается в следующих формах:

– *химически связанная* (входит в состав минералов, например, гипса);

- *гигроскопическая* (обволакивает частицу породы тонким слоем, толщиной в 1 молекулу);
- *пленочная* (обволакивает частицу породы тонкой пленкой, толщиной в несколько молекул);
- *капиллярная* (находится в жидком состоянии и занимает все капилляры в почвах и грунтах);
- *гравитационная* (находится в трещинах почвы, крупных порах пород, двигается под действием силы тяжести);
- *пароподобная* (находится в порах, не занятых жидкой водой).

Подземные воды, залегающие на первом водонепроницаемом слое, называются грунтовыми. Непосредственно над ними находятся капиллярные воды. Часть грунта от поверхности до уровня грунтовых вод представляют собой зону аэрации, воды которой включают в себя почвенные воды и верховодку (временное запасание воды над водонепроницаемыми линзами или прерывистыми слоями). Ниже грунтовых вод между водонепроницаемыми слоями залегают *пластовые* воды, которые бывают *безнапорные* (находится просто между водупорными слоями) и *напорные*, или *артезианские* (залегают в прогибах под большим давлением). Выход подземных вод на поверхность на берегах рек, оврагов, яров и балок в результате эрозии почвы представляет собой родник.

По степени минерализации подземные воды делятся на:

- *пресные* (до 1 ‰);
- *солончатые* (1–10 ‰);
- *соленые* (10–35 ‰);
- *рассолы* (более 35 ‰).

По химическому составу делятся на: гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные, сероводородные и др. Минеральные воды, встречаемые в нашей стране используются в столовых и лечебных целях.

### **Вопросы для самоконтроля:**

- 1 Что представляет из себя гидросфера, какие структурные элементы она содержит?
- 2 Охарактеризуйте круговорот воды в гидросфере.
- 3 Опишите явления, связанные с водяным паром в атмосфере: облака, туман и осадки.
- 4 Расскажите про наземные воды, их виды и особенности.
- 5 Охарактеризуйте подземные воды. Какое значение они играют в жизни человека?

## Лабораторная работа Гидросфера, вода в атмосфере

**Цель:** ознакомление с влагооборотом Земли, выявление влагосодержание воздуха при различной температуре.

**Материал и оборудование:** данные по влагообороту, влажности воздуха и температуре окружающей среды, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

1 Начертите схему мирового влагооборота (рисунок 28) в лабораторном альбоме.

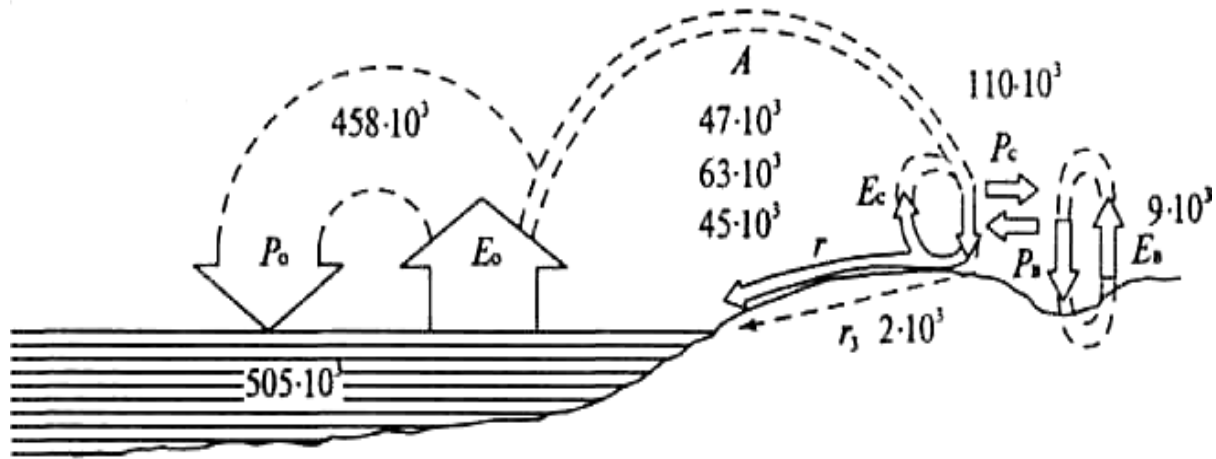


Рисунок 28 – Влагооборот (тыс. км<sup>3</sup>) в системе «Мировой океан–атмосфера–суша»  $P_0$  – осадки на поверхности океана;  $E_0$  – испарение с поверхности океана;  $A$  – перенос водяного пара в атмосфере;  $E_c$  – испарение с поверхности суши;  $P_c$  – осадки над поверхностью суши;  $P_b$  – осадки в областях внутреннего стока;  $E_b$  – испарение в областях внутреннего стока;  $r$  – поверхностный сток;  $r_3$  – подземный сток [3]

2 Используя данные рисунка и уравнения водного баланса, рассчитайте водный баланс значения величины осадков и испарения, а также столбиковыми диаграммами изобразите соотношения величины осадков и испарения:

- над океаном;
- над сушей.

3 Проанализируйте данные ниже приведенной таблицы 18 и ответьте письменно на следующие вопросы:

А) При какой температуре воздух с абсолютной влажностью  $1,6 \text{ г/м}^3$ ,  $9,4 \text{ г/м}^3$  окажется насыщенным?

Б) Воздух имеет абсолютную влажность  $12,8 \text{ г/м}^3$ ,  $30,0 \text{ г/м}^3$ . При какой температуре его относительная влажность будет равна 100 %?

Таблица 18 – Зависимость величины максимального влагосодержания от температуры воздуха

Температура, °С	–	–	–	–5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30
Максимальное влагосодержание, г/м <sup>3</sup>	1,1	1,6	2,4	3,4	4,9	6,8	9,4	12,8	17,3	23,1	30,0

4 Решите задачи:

1) Воздух поднимается от абсолютной отметки 100 м до высоты 2100 м. Температура воздуха  $+20^\circ \text{С}$ , абсолютная влажность  $9,4 \text{ г/м}^3$ . Определите:

а) максимальное влагосодержание и относительную влажность воздуха на исходной высоте;

б) на какой высоте воздух станет насыщенным (какова высота границы конденсации)?

в) какова будет его температура, абсолютная и относительная влажность на высоте 2100 м?

2) Температура воздуха  $+15^\circ \text{С}$  и абсолютная влажность  $6,8 \text{ г/м}^3$ , воздух поднимается вверх. Определите высоту границы конденсации.

3) Температура воздуха  $+30^\circ \text{С}$ , абсолютная влажность  $9,4 \text{ г/м}^3$ , воздух переваливает через хребет высотой 1000 м. Определите, достигнет ли он границы конденсации, если подъем начинается с высоты 0 м над уровнем моря?

## Тема 7 Погода и климат

7.1 Понятие о погоде.

7.2 Синоптическая карта.

7.3 Климатообразующие факторы.

7.4 Климат Беларуси и его особенности.

**7.1 Понятие о погоде** *Погода* – это состояние атмосферы в определенном месте в некоторый момент времени (сутки, месяц и др.). Погода постоянно изменяется и периодичность изменений связана с

вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, а неперодичность – адвекцией воздушных масс, действием циклонов и антициклонов.

Погода существенно влияет на развитие и урожайность сельскохозяйственных культур, на темпы полевых работ. Резкие изменения погоды определяют состояние здоровья человека и домашних животных.

**7.2 Синоптическая карта** В связи с тем, как было сказано выше, погода существенно влияет на деятельность народного хозяйства, транспорт, особенно воздушный, туризм и прочие проявления жизнедеятельности человека за погодой постоянно следят.

Наблюдения за погодой проводятся на метеорологических станциях не реже 4 раз в день (в 01, 07, 13 и 19 часов по местному времени). Результаты наблюдений фиксируются, а затем шифруются по международному синоптическому коду и передаются в центральное метеорологическое учреждение (в Беларуси – Гидрометеоцентр Республики Беларусь). В центре на основе этих сведений составляется синоптическая карта с использованием особых условных обозначений, которые являются универсальными для метеорологов всего мира.

Подобные карты составляются несколько раз в день и их сравнение позволяют определить направление движения циклонов и антициклонов, воздушных фронтов и сделать прогноз погоды. В свою очередь прогнозы бывают краткосрочными (от нескольких часов до 2 суток), долгосрочные малой продолжительности (3–10 суток) и долгосрочные большой продолжительности (месяц, сезон). Обычно прогноз содержит сведения об изменениях облачности, осадках, ветре, температуре воздуха днем и ночью, а также о возможных опасных явлениях – грозах, заморозках и др. В последнее время в прогноз стали добавлять сведения о геомагнитной обстановке.

**7.3 Климатообразующие факторы** *Климат* – это многолетний режим погоды, характерный для данной местности. Он формируется под воздействием различных факторов. Среди таких факторов выделяются, в первую очередь, взаимодействие солнечной радиации, общей циркуляции атмосферы и подстилающей поверхности.

Так, зональное распределение солнечной радиации обуславливает существование климатической зональности (от полюсов к экватору). Общая циркуляция атмосферы обуславливает характер господствующих в данной местности ветров и воздушных масс, перенос и распре-

деление тепла и водяного пара. Постилающая поверхность (вода, суша, растительность, снег, экспозиция склонов), в свою очередь, своеобразно изменяют действие предыдущих факторов при формировании климата различной местности.

**7.4 Климат Беларуси и его особенности** Климат Беларуси умеренно–континентальный и его особенности определяются положением территории страны в умеренных широтах, отсутствием горных препятствий, преобладанием равнинного рельефа и преобладанием западных ветров.

Беларусь размещается между 56° и 51° с.ш., что определяет угол падения солнечных лучей, протяженность дня и солнечного освещения. Высота Солнца над горизонтом в течение года изменяется на 47°. Годовая суммарная солнечная радиация составляет 84–97 ккал/см<sup>2</sup> и увеличивается с севера на юг.

Циркуляция атмосферы над территорией Республики Беларусь характеризуется западным переносом, который может периодически нарушаться меридиональным переносом с севера на юг или с юга на север. Так, зимой западные и северо–западные ветры приносят в основном теплый морской ветер с циклонами, сформированными над Атлантикой, который сопровождается оттепелями, облачностью и осадками. Летом такой воздух также приносит много влаги, но температуру понижает.

Континентальный сухой воздух в Беларусь приходит с востока и юго–востока. Зимой он обуславливает похолодание, а летом – теплую и сухую погоду.

Арктический воздух в Беларусь проникает с циклонами, которые образуются на севере и двигаются на восток. Его поступление характеризуется резким похолоданием. Тропический воздух достигает территории страны значительно реже, но его воздействие приносит потепление весной и в начале осени («бабье лето»).

Среднегодовая скорость ветра в Беларуси составляет на открытых участках 4 м/сек., а в котловинах – около 3 м/сек. Бури и смерчи – редкое явление в Беларуси, но в каждом пункте наблюдается хотя бы раз в год ветер со скоростью 18–20 м/сек.

Температурный режим страны характеризуется положительными среднегодовыми температурами, которые постепенно повышаются с севера на юг (диапазон составляет 4,4° С). Температура (средняя) самого холодного месяца (январь) изменяется от –4,1° С на северо–западе до –8,4° С на северо–востоке. В отдельные дни температура



может понижаться до  $-22-30^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура самого теплого месяца (июль) изменяется от  $17^{\circ}\text{C}$  на севере до  $19,7^{\circ}\text{C}$  на юго-востоке. В некоторые дни температура повышается до  $28-32^{\circ}\text{C}$ .

Беларусь находится в зоне достаточного увлажнения. Годовая сумма осадков зависит от местности и достигает 500–600 мм на низинах и 600–700 мм на равнинах и возвышенностях. Около 70 % осадков выпадает в теплое время года (с апреля по октябрь).

Значительное количество осадков и сравнительно невысокая температура воздуха обуславливают повышенную влажность воздуха. Относительная влажность воздуха превышает 80 % в поздне-осенний и зимний периоды во все время суток, а в остальные сезоны – в темное время суток. В весенне-летний период влажность уменьшается и в 13 часов составляет 50–70 %. Высокая влажность воздуха обуславливает частое образование туманов.

В отдельные годы в начале лета могут наблюдаться засухи. В среднем за год количество сухих дней (с влажностью 30 % и менее) составляет 3–5 на северо-востоке и 17–19 на крайнем юго-востоке.

### **Вопросы для самоконтроля:**

- 1 Что такое погода? Чем отличается погода от климата?
- 2 Охарактеризуйте синоптическую карту как способ описания погоды, каковы правила ее составления?
- 3 Назовите основные климатообразующие факторы.
- 4 Опишите климат Беларуси.

### **Лабораторная работа 1 Погода**

**Цель:** ознакомление с правилами оформления и чтения синоптических карт, обучение характеристики погодных условий на местности.

**Материал и оборудование:** синоптическая карта, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

#### ***Ход работы***

- 1 Рассмотрите синоптическую карту (рисунок 29).
- 2 Перепишите легенду карты, заполнив следующую таблицу:

Атмосферное явление	Условное обозначение

3 Используя карту, изображенную на рисунке 29 подробно охарактеризуйте, как изменяется погода при продвижении:

- с запада на восток по 60-й параллели;
- с севера на юг по Гринвичскому меридиану;
- на территории Беларуси.

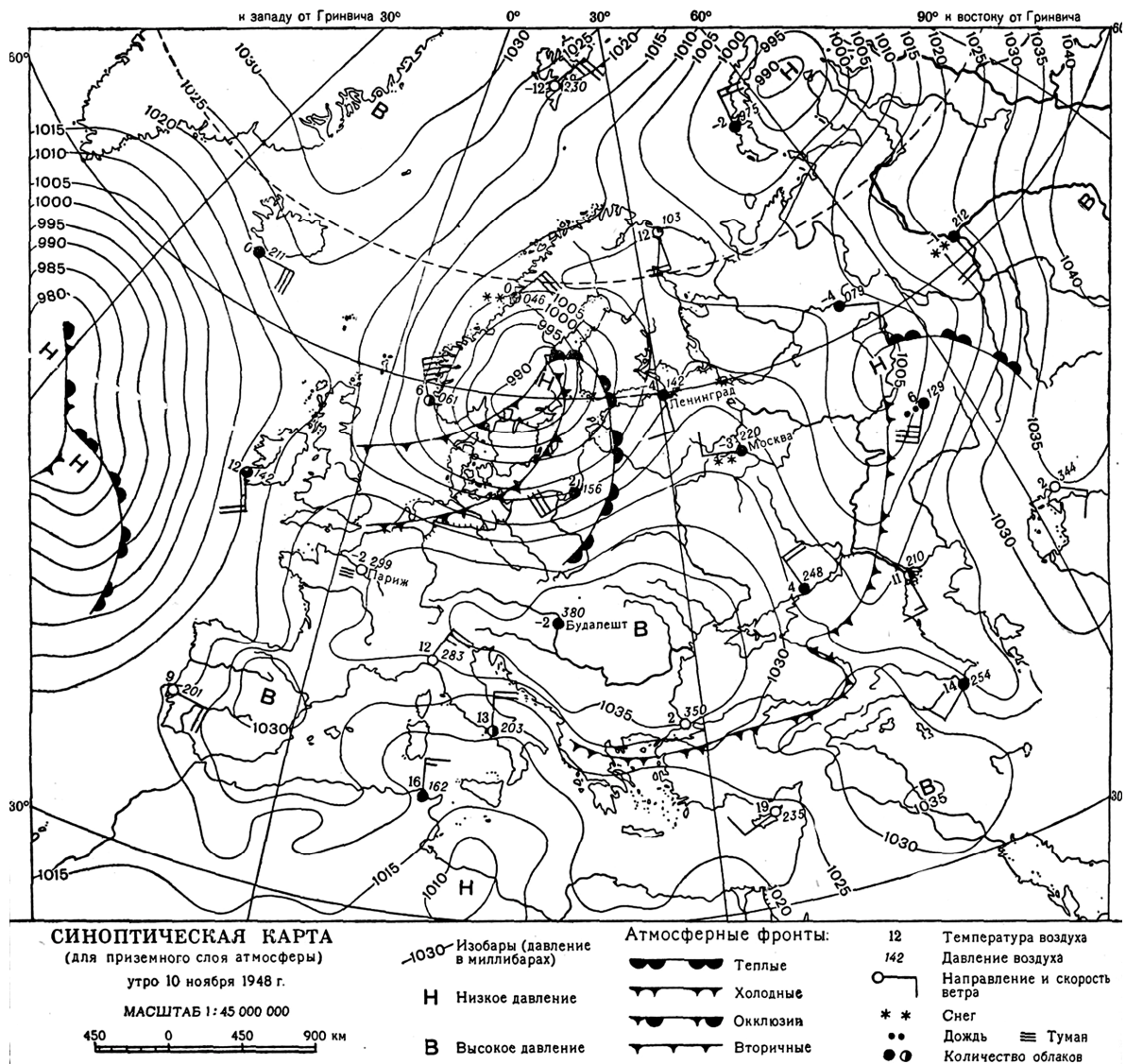


Рисунок 29 – Синоптическая карта

4 Запишите характеристику изменений в лабораторный альбом.

5 Опишите погоду текущего дня, объясните причины ее проявления. Запишите проявления и причины в лабораторный альбом.

## Лабораторная работа 2 Климат

**Цель:** ознакомится с различными типами климата, научиться характеризовать климат по наблюдаемой погоде.

**Материал и оборудование:** карта климатических поясов, данные по повторяемости классов погод, альбомы, ручки, простые и цветные карандаши.

### Ход работы

1 Рассмотрите карту климатических поясов на рисунке 30.

2 Охарактеризуйте климатические условия в перечисленных пунктах и заполните таблицу: Понтианак, Андагоя (экваториальный), Малакаль, Черапунджи (субэкваториальный), Асуан (тропический континентальный); Лима (тропический западных берегов), Дурбан (тропический восточных берегов); Палермо (субтропический средиземноморский), Финикс (субтропический континентальный), Новый Орлеан (субтропический восточных берегов), Валенсия (умеренный западных берегов), Москва (умеренно-континентальный), Якутск (континентальный), Верхоянск (субарктический), Барроу (арктический).

Пункт	Тип климата	Характеристика
Понтианак		
Андагоя		
Малакаль		
Черапунджи		
Асуан		
Лима		
Дурбан		
Палермо		
Финикс		
Новый Орлеан		
Валенсия		
Москва		
Якутск		
Верхоянск		
Барроу		

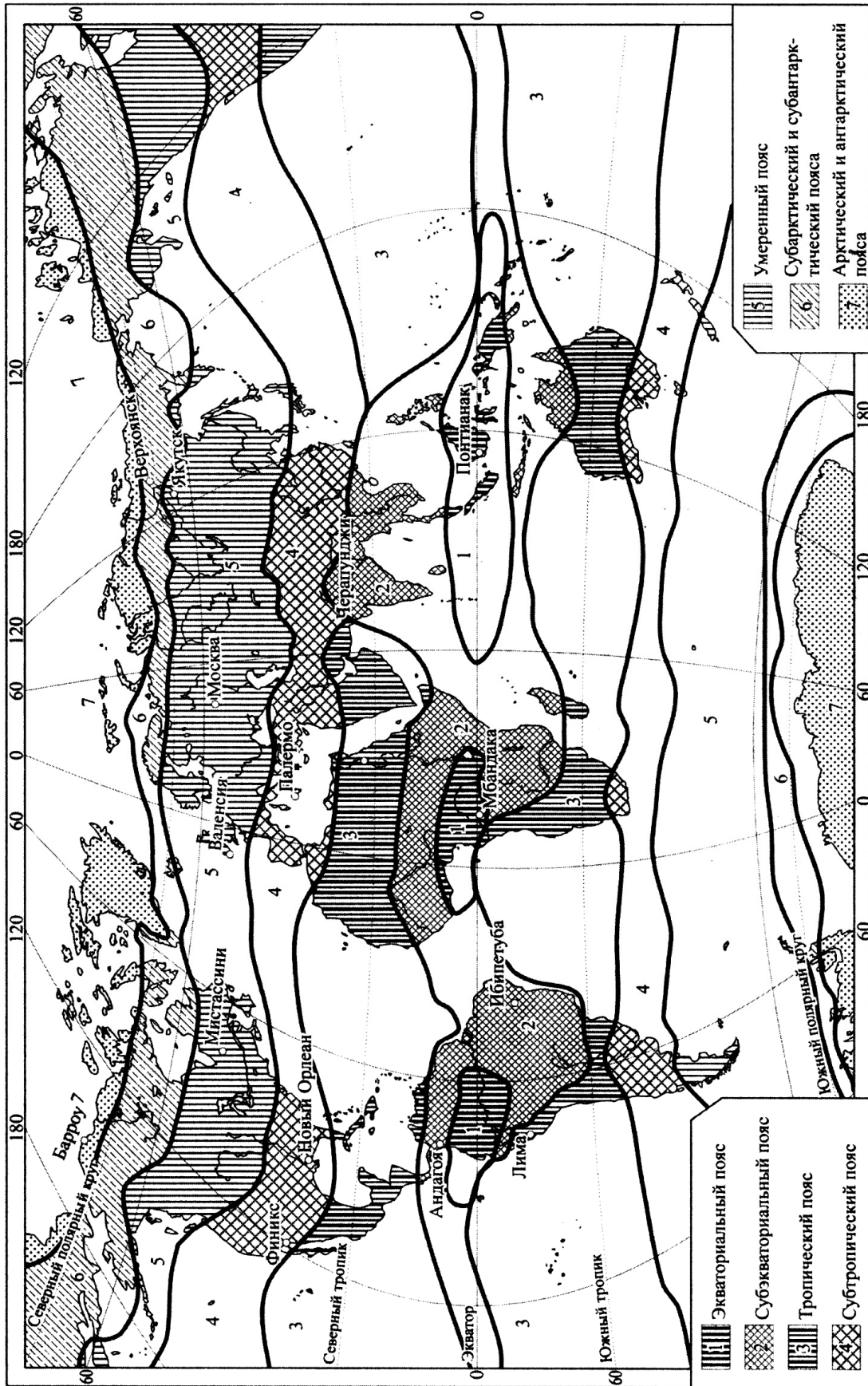


Рисунок 30 – Типы климата по Алисову [9]

3 Постройте график структуры климата в погодах для Подмоскovie по данным таблицы 19. На горизонтальной оси графика отложите время (месяцы, годы), а на вертикальной – частоту повторяемости типов погоды в %. Масштаб горизонтальный: в 1 см – 1 месяц, масштаб вертикальный: в 1 см – 20%.

Таблица 19 – Повторяемость классов погод в Подмоскovie, %

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Классы погод												
<i>Безморозные погоды:</i>												
суховеино–засушливая	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
умеренно–засушливая	—	—	—	—	3	10	6	2	1	—	—	—
облачно днем	—	—	2	23	40	35	26	31	32	16	1	—
облачно ночью	—	—	—	7	16	16	26	30	12	7	1	—
пасмурная	—	—	3	10	9	13	10	6	6	10	5	2
дождливая	3	4	6	16	17	10	10	10	22	16	23	6
<i>Погоды с переходом температуры через 0 °С:</i>												
облачная днем	2	3	8	17	13	16	22	20	26	19	12	3
ясная днем	10	10	12	7	1	—	—	—	—	7	10	10
<i>Морозные погоды:</i>												
слабо и умеренно морозная	53	54	54	7	—	—	—	—	—	12	40	55
значительно морозная	27	25	6	—	—	—	—	—	—	—	4	19
сильно морозная	5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
ИТОГО:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*Примечание:* Для того чтобы отложить повторяемость классов погод в каком–либо месяце, нужно из середины отрезка горизонтальной оси данного месяца восстановить перпендикуляр. На этой прямой отмечают повторяемость погод в определенной последовательности: для летних месяцев от оси абсцисс снизу вверх откладываются погоды, начиная с самых засушливых, в порядке их расположения сверху вниз в таблице, для зимних месяцев погоды откладываются в обратном порядке. Полученные на графике точки, соответствующие проценту повторяемости одних и тех же классов погод в разные месяцы, соединяют плавными линиями. Каждый класс погоды закрашивают особым цветом.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

**Абсолютная влажность воздуха** – количество водяного пара в единице объема воздуха, выражается в г/м<sup>3</sup>.

**Адвекция** – горизонтальный перенос ветра, обуславливающий перенос тепла и влажности.

**Антициклон** – область повышенного давления, представляющая собой атмосферный вихрь диаметром от нескольких сотен до 2-3 и более тысяч километров.

**Астероид** – небесное тело, диаметром до нескольких сотен километров.

**Астрономическая единица** – единица измерения космических расстояний, равная длине 1499000 км.

**Атмосфера** – воздух, окружающий Землю, или газовая оболочка Земли.

**Атмосферные осадки** – вода в жидком или твердом состоянии, которая выпадает из облаков или оседает непосредственно на земной поверхности и наземных предметах в случае конденсации водяного пара или замерзания переохлажденных капель воды.

**Атмосферный фронт** – узкая переходная зона в тропосфере, которая разграничивает на значительном расстоянии воздушные массы с различными свойствами.

**Барическая ступень** – расстояние в метрах, на которое необходимо подняться или опуститься, чтобы атмосферное давление изменилось на 1 мм.

**Барическое поле** – давление воздуха и его распределение на земной поверхности.

**Бассейн реки** – часть земной поверхности, с которой вода стекает в реку, речную систему или озеро.

**Биогеоценоз** – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых и косных компонентов, объединенных обменом вещества и потоком энергии в единый природный комплекс.

**Биологическая продукция** – биомасса, производимая биоценозом на единице площади за единицу времени.



**Биотоп** – участок водоемов или суши с однотипными условиями рельефа, климата и других абиотических факторов, занятый определенным биоценозом.

**Биоценоз** – совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема.

**Болото** – элемент ландшафта, характеризующийся постоянной повышенной влажностью, специальной растительностью, в результате жизнедеятельности и отмирания которой образуется торф.

**Борá** – местный сильный холодный ветер, направленный вниз по горному склону.

**Бриз** – местный ветер на побережье моря, крупных озер и рек, который дважды в сутки меняет свое направление.

**Ветер** – горизонтальное движение воздуха относительно земной поверхности.

**Вид** – основная структурная единица в системе живых организмов; основная таксономическая категория в биологической систематике.

**Виоленты** – стратегия выживания среди растений, угнетающих всех конкурентов.

**Воздушная масса** – крупные объемы воздуха в тропосфере, обладающие определенными однородными свойствами и соизмеримые по площади с обширными частями материков и океанов.

**Гемикриптофиты** – жизненная форма растений, у которых почки возобновления в неблагоприятный для вегетации период сохраняются на уровне почвы и защищены чешуями, опавшими листьями, снежным покровом.

**Геобионты** – животные, обитающие в глубине почвы.

**Герпетобионты** – животные, обитающие в припочвенном горизонте, среди опавших листьев и отмерших частиц растений.

**Гетеротермные организмы** – группа гомойотермных животных, у которых периоды сохранения постоянной высокой температуры тела сменяются периодами ее понижения при впадении в спячку.

**Гигрофилы** – животные, предпочитающие сильно увлажненные местообитания суши.

**Гигрофиты** – растения, предпочитающие сильно увлажненные местообитания суши.

**Гидатофиты** – водные растения, целиком или большей своей частью погруженные в воду.

**Гидробионты** – растения, животные и микроорганизмы, населяющие морские и материковые водоемы.

**Гидрофиты** – водные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижними частями.

**Гололедица** – лед на поверхности земли, не покрытый снегом, образующийся после оттепели, дождя или мороси, когда наступает резкое переохлаждение, а также в случае замерзания мокрого снега, дождя или мороси в соприкосновении с переохлажденной поверхностью.

**Гомойотермные организмы** – теплокровные животные, поддерживают внутреннюю температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды.

**Горно–долинные ветра** – ветра с суточной периодичностью: днем теплый, поднимается по склону горы, ночью – холодный, скатывается в долину со склона.

**Град** – атмосферные осадки в виде сферических частиц плотного льда (градин).

**Дендробионты** – животные, обитающие в кроне деревьев.

**Дефицит насыщения** – разность между максимальной и абсолютной влажностью при определенных температуре и давлении.

**Дождь** – атмосферные осадки в виде капель воды диаметром 0,5-7 мм.

**Доминант** – вид, преобладающий по численности в рассматриваемом биоценозе

**Емкость среды** – объем жизненного пространства и ресурсов, который в состоянии обеспечить популяцию всем необходимым.

**Жизненная форма** – 1) у растений внешний облик, отражающий их приспособления к условиям окружающей среды; 2) у животных группа особей, имеющая сходные морфоэкологические приспособления для обитания в одинаковой среде.



**Закон пирамиды энергии** – с одного трофического уровня через пищевые цепи на другой трофический уровень переходит в среднем около 10 % поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии.

**Звездный (сидерический) год** – полный оборот Земли вокруг Солнца, который составляет 365 суток 6 часов 9 минут и 9,6 секунды.

**Земное излучение** – длинноволновое излучение, которая продуцирует нагретая земная поверхность.

**Изморозь** – отложения льда на ветвях деревьев, проводах, наземных предметах в результате намерзания капель переохлажденного тумана (зернистая изморозь) или непосредственно перехода пара в кристаллы льда (кристаллическая изморозь).

**Изотерма** – условные линии на карте, соединяющие области с одинаковой температурой.

**Иней** – сублимация воды из водяного пара воздуха при охлаждении поверхности земли, предметов и растений в вечерние и ночные часы до температуры ниже точки росы при ясной тихой погоде.

**Испарение** – превращение жидкого состояния вещества в газообразное.

**Испаряемость** – количество осадков в мм, которое может испариться при данной температуре в данной местности.

**Климат** – многолетний режим погоды, который определяется географическими условиями в том или ином регионе.

**Комета** – небесное тело, состоящее из головной части (ядро из замерзшего газа и пыли) и шлейфа газов (хвост), который направлен от Солнца и имеет длину несколько миллионов километров.

**Конвекция** – 1) в атмосфере – подъем более нагретых и менее плотных масс воздуха с одновременным опусканием более холодных и плотных масс; 2) в океане – вертикальные движения воды, обусловленные изменениями в плотности, зависящей от солености и температуры.

**Конденсация** – преобразование газообразного состояния вещества в жидкое

**Консументы** – организмы, являющиеся в пищевой цепи потребителями органического вещества

**Криофилы** – организмы, обитающие в условиях устойчиво низких температур.

**Криптофиты** – жизненная форма растений, у которых почки возобновления закладываются на корневищах, клубнях, луковицах и находятся на некоторой глубине в почве или под водой.

**Ксерофилы** – животные, предпочитающие засушливые местообитания.

**Ксерофиты** – растения сухих местообитаний, способные благодаря ряду приспособительных признаков и свойств переносить перегрев и обезвоживание.

**К–стратеги** – популяции из медленно размножающихся, но более конкурентоспособных особей.

**Лимитирующий фактор** – экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида.

**Межень** – долгое сезонное стояние низких уровней воды и малого объема стока в реках; часть гидрологического цикла.

**Мезофилы** – животные, предпочитающие нормальные условия увлажнения.

**Мезофиты** – растения, обитающие в условиях с более или менее достаточным, но не избыточным количеством воды в почве.

**Метеорология** – наука о физических процессах и явлениях, которые происходят в атмосфере Земли и образуют погоду и климат.

**Микрогруппировка** – сгущение особей одного или нескольких видов в пределах яруса, внутриярусные мозаичные пятна.

**Микроценоз** – наименьшая по размерам структурная единица горизонтального расчленения сообщества, которая включает все ярусы, обособленная в вертикальном направлении от других, окружающих ее микроценозов этого же сообщества и характеризующаяся определенным составом, структурой, динамикой и обладающая некоторой целостностью.

**Морось** – атмосферные осадки в виде очень мелких (не более 0,5 мм) капель воды.

**Облака** – скопления завислых в атмосфере на значительном расстоянии от земной поверхности продуктов конденсации водяного пара (капель воды, кристаллов льда или их смеси).

**Озеро** – природный водоем, заполненный в границах озерной чаши водой, не имеющей непосредственной связи с морем.

**Окружающая среда** – все, что окружает организм и влияет на его жизнедеятельность.

**Оптимум** – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна.

**Относительная влажность воздуха** – процентные отношения упругости водяного пара, который содержится в атмосфере, к упругости водяного пара, насыщающего воздух при такой же температуре.

**Паводок** – сравнительно короткий и непериодический резкий подъем уровня и стока реки от крупных дождей, таяния снега, ледников.

**Панмиксия** – свободное скрещивание разнополых особей с разными генотипами в популяции перекрестнооплодотворяющихся организмов.

**Парцелла** – структурная часть горизонтального расчленения биогеоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойствами компонентов, спецификой их связей и материально – энергетического обмена.

**Пациенты** – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях.

**Пессимум** – условия обитания, вызывающие у организмов стресс, но в которых они еще способны существовать.

**Пищевая цепь** – перенос веществ и заключенной в них энергии от автотрофов к гетеротрофам, происходящий в результате поедания одними организмами других.

**Плотность популяции** – это число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объема.

**Погода** – состояние атмосферы в той или иной местности на текущий момент или ограниченный промежуток времени.

**Подземные воды** – воды в горных породах верхней части земной коры в жидком, твердом и парообразном состоянии.

**Пойкилотермные организмы** – организмы с непостоянной температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры окружающей среды.

**Половодье** – относительно долговременное увеличение водности ре-

ки, повторяющееся ежегодно в одни и те же сроки с различной интенсивностью.

**Популяция** – совокупность особей одного вида, обладающих общим генофондом и занимающих определенную территорию или акваторию.

**Продуценты** – автотрофные организмы, создающие с помощью фотосинтеза или хемосинтеза органические вещества из неорганических.

**Противоизлучение** – направленное вниз излучение атмосферы.

**Протуберанец** – плотные конденсации относительно холодного (по сравнению с солнечной короной) вещества, которые поднимаются и удерживаются над поверхностью Солнца магнитным полем.

**Радиационный баланс атмосферы** – различие в приходе и расходе лучистой энергии, которая поглощается и излучается подстилающей поверхностью и атмосферой.

**Редуценты** – организмы, питающиеся разлагающимися органическими остатками и подвергающие его минерализации.

**Река** – открытый водный поток, текущий в разработанном им русле и питающийся за счет стока с его водозабора.

**Рецедент** – вид, имеющий наименьшую численность в данном биоценозе.

**Речная система** – совокупность рек какой-либо территории, которые сливаются вместе и выносят свои воды с этой территории в виде одного общего потока в море или озеро.

**Рождаемость** – скорость естественного восполнения популяции за счет размножения.

**Роза ветров** – диаграмма повторяемости ветров различных направлений в определенной местности.

**Роса** – мелкие капли воды, конденсирующиеся на поверхности земли, траве и прочих предметах, охлажденных во время ночного излучения земли.

**r-стратеги** – популяции из быстро размножающихся, но менее конкурентоспособных особей.

**Северный полярный круг** – параллель, проходящая по 66°33' с. ш.

**Северный тропик** – параллель, проходящая по 23°27' с. ш.

**Склерофиты** – засухоустойчивые растения с жесткими побегами.

**Скорость роста популяции** – изменение численности популяции в единицу времени.

**Смертность** – количество особей, погибших в популяции за определенный период.

**Снег** – твердые атмосферные осадки в виде снежных кристалликов разнообразной формы – снежинок.

**Снежная крупа** – твердые атмосферные осадки в виде мелких частиц плотного льда и снежных ядер.

**Солнечная корона** – внешняя более разреженная часть атмосферы Солнца.

**Солнечная постоянная** – количество калорий тепла, которая поглощается на верхней границе атмосферы за 1 мин.  $1 \text{ см}^2$  черной поверхности, направленной перпендикулярно к солнечным лучам ( $\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ ).

**Солнечная радиация** – электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца.

**Солнечная система** – система небесных тел, которые движутся в области гравитационного влияния Солнца.

**Стенобионты** – виды с узкой экологической валентностью.

**Сублимация** – переход газообразного состояния вещества сразу в твердое, минуя жидкое.

**Суккуленты** – многолетние растения с сочными стеблями или листьями, вариант ксерофитов.

**Тамнобионты** – животные, обитающие в зарослях кустарников.

**Температурная инверсия** – повышение температуры воздуха с высотой в том или ином слое атмосферы.

**Термофилы** – живые организмы, предпочитающие условия обитания со стабильно высокими окружающими температурами.

**Терофиты** – жизненная форма растений, переживающих неблагоприятные условия среды в виде семян.

**Туман** – наличие большого количества мелких капелек воды или ледяных кристаллов в приземном слое атмосферы.

**Фанерофиты** – жизненная форма растений, почки возобновления которых расположены высоко над поверхностью земли.

**Фён** – мощный порывистый и теплый ветер, дующий с гор в долины.

**Фотопериодизм** – реакция организмов на суточный ритм освещения.

**Фотосфера** – наружный слой Солнца, с которого выходит все видимое излучение.

**Хамефиты** – жизненная форма растений, почки возобновления которых расположены невысоко над поверхностью почвы и зимой защищены снежным покровом.

**Хортобионты** – животные, обитающие под покровом травостоя.

**Хромосфера** – часть наружного слоя Солнца, в котором образуются светлые пятна – флоккулы и темные участки – волокна, выступающие за диск Солнца в виде протуберанцев.

**Циклон** – область пониженного давления в виде вихря с движением ветров от периферии к центру.

**Численность популяции** – абсолютное или относительное число особей в популяции.

**Эврибионты** – виды с широкой зоной экологической толерантности.

**Экологическая валентность** – способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени.

**Экологический спектр вида** – набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды.

**Экологический фактор** – любой элемент среды, оказывающий прямое или косвенное влияние на живые организмы, и на который организмы реагируют приспособительными реакциями.

**Экология** – наука о взаимоотношениях организмов между собой и окружающей средой.

**Экосистема** – основная функциональная единица экологии, представляющая собой единство биотических компонентов с абиотической средой, организованное потоками энергии и биологическим круговоротом веществ.

**Экотип** – совокупность особей любого вида растений, приспособленных к условиям места обитания и обладающая наследуемыми признаками, обусловленными экологически.

**Эксплеренты** – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества.

**Эпигеобионты** – обитатели открытых участков поверхности почвы.

**Эффективное излучение** – разница между земным излучением и противоизлучением.

**Эффективные температуры** – количество тепла, необходимое для развития организма.

**Южный полярный круг** – параллель, проходящая по  $66^{\circ}33'$  ю. ш.

**Южный тропик** – параллель, проходящая по  $23^{\circ}27'$  ю. ш.

**Ярус** – совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе ассимилирующих органов.

## Литература

- 1 Вронский, В. А. Прикладная экология / В. А. Вронский. – Ростов–на–Дону: Феникс, 1996 – 422 с.
- 2 Галковская, Г. А. Основы популяционной экологии / Г. А. Галковская. – Мн.: Наука и техника, 2001 – 120 с.
- 3 Геренчук, Г. И. Общее землеведение / Г. И. Геренчук, В. А. Бокков, И. Г. Черванев. – М.: Высшая школа, 1984. – 255 с.
- 4 Захаровская, Н. Н. Метеорология и климатология / Н. Н. Захаровская, В. В. Ильинич. – М. : Колос, 2005. – 127 с.
- 5 Киселев, В. Н. Основы экологии / В. Н. Киселев. – Мн. : Университетское, 2002 – 320 с.
- 6 Кудло, К. К. Землязнаўства і краязнаўства / К. К. Кудло. – Мн.: Універсітэцкае, 1996. – 239 с.
- 7 Кулеш, В. Ф. Практикум по экологии: учебное пособие / В. Ф. Кулеш, В. В. Маврищев. – Мн.: Высшая школа, 2007. – 271 с.
- 8 Маврищев, В. В. Основы экологии: учебник / В. В. Маврищев. – Мн. : Выш. школа, 2005 – 416 с.
- 9 Никонова, М. А. Практикум по землеведению и краеведению: учебное пособие / М. А. Никонова, П. А. Данилов. – М.: Академия, 2001. – 144 с.
- 10 Одум, Ю. Экология: в 2–х т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986.  
Т. 1 – Мир, 1986. – 653 с.  
Т. 2 – Мир, 1986. – 517 с.
- 11 Радкевич, В. А. Экология: учебник для вузов / В. А. Радкевич. – Мн.: Вышэйшая школа, 1997. – 296 с.
- 12 Чернова, Н. М. Экология: учебник для студентов педагогических институтов / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М. : Просвещение, 1981 – 382 с.
- 13 Чернова, Н. М. Лабораторный практикум по экологии / Н. М. Чернова. – М.: Просвещение, 1986. – 86 с.
- 14 Чумаков, Л. С. Экология для всех / Л.С. Чумаков. – Мн. : Вышэйшая школа, 2000. – 359 с.



Учебное издание

ГАЛИНОВСКИЙ Николай Геннадьевич  
ПОТАПОВ Дмитрий Викторович  
ГОНЧАРЕНКО Григорий Григорьевич

## **ЭКОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ МЕТЕОРОЛОГИИ**

**Практическое руководство по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1 – 75 01 01 «Лесное хозяйство»**

**В авторской редакции**

Подписано в печать 14.10.2009 г. (\*\*). Формат 60x84 1/16. Бумага  
писчая №1. Гарнитура «Таймс». Усл.печ.л. \_\_\_\_\_. Уч.–изд.л. \_\_\_\_\_.  
Тираж 100 экз.

Опечатано с оригинал–макета на ризографе  
учреждения образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»  
246019, г.Гомель, ул. Советская, 104