

БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ, АГРОХИМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ

# ***Э К О Л О Г И Я***

## **П Р А К Т И К У М**

для студентов, обучающихся по направлениям подготовки  
«Агрохимия и агропочвоведение», «Агрономия»,  
«Технология производства и переработки  
сельскохозяйственной продукции»

БРЯНСК 2011

УДК 574

ББК 20.1

К-83

Кротов, Д.Г. **Экология.** Практикум. Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Агрохимия и агропочвоведение», «Агрономия», «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» / Д.Г. Кротов, А.Л. Силаев. - Брянск. Изд-во БГСХА, 2011 г. - 136 с.

Практикум составлен в соответствии с действующей программой по курсу "Экология". В практикуме содержатся элементы дидактического материала, помогающие студентам закрепить основные понятия общей экологии и агроэкологии, познакомиться с методами оценки состояния окружающей природной среды.

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Артюхов А.И. - кандидат биологических наук, доцент кафедры «Нормальной, патологической морфологии и физиологии животных» Брянской государственной сельскохозяйственной академии.

Романенко А.А. - доктор биологических наук, профессор кафедры радиационной экологии и безопасности жизнедеятельности Брянской государственной инженерно-технологической академии.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией Агроэкологического института, Брянской государственной сельскохозяйственной академии, протокол № 2 от 20 октября 2011 г.*

© Брянская ГСХА, 2011

© Кротов Д.Г., 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ И ИХ ДЕЙСТВИЕ	5
2 ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ	13
3 ЭКОСИСТЕМЫ. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СВОЙСТВА ЭКОСИСТЕМ	30
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМ	45
5 КРУГОВОРОТ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЦЕНОЗАХ	57
6 ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ	65
7 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	82
8 ПРОИЗВОДСТВО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	93
<b>ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ</b>	103
1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ ЦИТОПЛАЗМЫ КЛЕТОК РАЗНЫХ РАСТЕНИЙ	103
2 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ, ТЕРРИТОРИИ, ПО- ПУЛЯЦИИ И ОСОБИ ПО КОМПЛЕКСУ МОРФОЛОГИЧЕ- СКИХ ПРИЗНАКОВ	107
3 ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ НА КОАГУЛЯЦИЮ БЕЛКОВ	118
4 ИОНОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТОВ	121
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА. АДАПТАЦИЯ ЖИВЫХ ОРГА- НИЗМОВ К УСЛОВИЯМ СУЩЕСТВОВАНИЯ	125
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	132

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с учебным планом студенты Агроэкологического института изучают дисциплину «Экология» в рамках направлений подготовки «Агрохимия и агропочвоведение», «Агрономия», «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

Цель дисциплины - формирование экологического мировоззрения студента, знаний и навыков, позволяющих квалифицированно оценивать реальные экологические ситуации, складывающиеся во всех подсистемах современного агропромышленного комплекса и принимать необходимые природоохранные решения.

Задачами дисциплины является изучение:

- биосферы и источников загрязнения окружающей среды;
- природно-ресурсного потенциала и экологических проблем сельскохозяйственного производства;
- агроэкосистем и их устойчивости.

Практикум составлен в соответствии с учебной и рабочей программами по дисциплине «Экология». Лабораторно-практические занятия проводятся еженедельно.

Выполнению лабораторных и практических занятий должна предшествовать самостоятельная работа студентов с литературой, данным практикумом и конспектами лекций. Предлагаемые в практикуме задания и задачи рассчитаны на самостоятельное выполнение для закрепления пройденного материала.

Перед началом занятий преподаватель проверяет теоретическую подготовку студентов по теме занятия, объясняет задания по предстоящей работе. По окончании работы студенты отчитываются перед преподавателем о выполненной работе. Преподаватель проверяет усвоение студентами сущности работы, обработку и интерпретации полученных результатов.

# ЗАНЯТИЕ 1

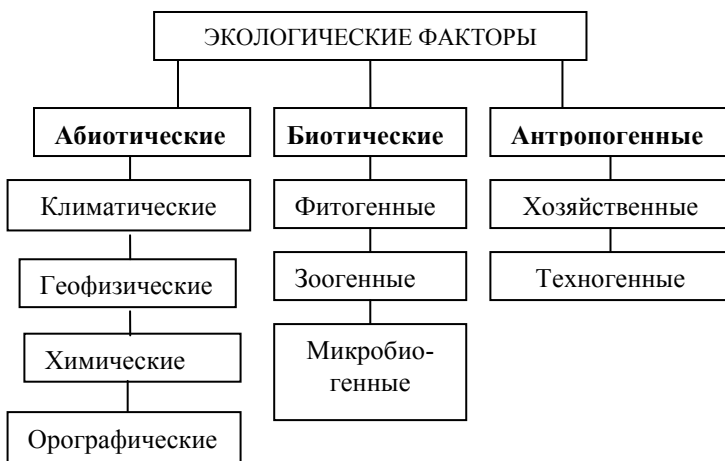
## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ И ИХ ДЕЙСТВИЕ

1. Экологические факторы природной среды
2. Основные среды жизни

**Цель занятий.** Изучить классификацию экологических факторов и их влияние на живые организмы. Познакомиться с основными средами обитания живых организмов.

### 1. Экологические факторы природной среды

**Экологические факторы** – это элементы окружающей среды, оказывающие положительное или отрицательное влияние на живые организмы на протяжении хотя бы одной из фаз их индивидуального развития.



**Абиотические факторы** - это комплекс условий неорганической среды, влияющей на организм.

**Биотические факторы** - это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие.

**Антропогенные факторы** (от гр. anthropos - человек и genos - рождение) отражают влияние деятельности человека на окружающую среду.

◆ Среди перечисленных факторов подчеркните ограничивающий, значение которого не позволяет существовать растениям в океане на глубине 6000 м: вода; температура; углекислый газ; соленость воды; свет.

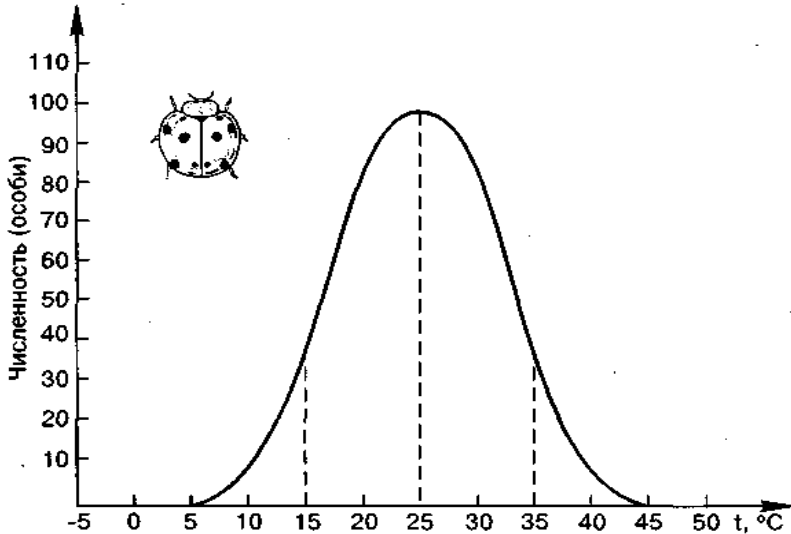
◆ Назовите конкретные факторы среды, которые можно отнести к абиотическим, биотическим или антропогенным. Заполните таблицу 1:

Таблица 1

**Факторы среды**

Природные		Антропогенные
абиотические	биотические	

◆ Перед вами график зависимости численности жука семиточечной божьей коровки от температуры окружающей среды.



Укажите:

- а) температуру, оптимальную для этого насекомого \_\_\_\_\_
- б) диапазон температуры зоны оптимума \_\_\_\_\_
- в) диапазон температуры зоны пессимума (угнетения) \_\_\_\_\_
- г) две критические точки \_\_\_\_\_
- д) пределы выносливости вида \_\_\_\_\_

◆ Среди перечисленных факторов подчеркните ограничивающий, значение, которого не позволяет существовать большинству растений в пустыне летом: температура; свет; вода; ветер; кислород.

◆ Среди перечисленных факторов подчеркните ограничивающий, значение, которого не позволяет существовать скворцам зимой в средней полосе России: температура; пища; кислород; влажность воздуха; свет.

◆ Среди перечисленных факторов подчеркните ограничивающий, значение, которого не позволяет существовать обыкновенной речной щуке в Черном море: влажность; температура; свет; пища; соленость воды; кислород.

◆ Среди перечисленных факторов подчеркните ограничивающий, значение, которого не позволяет существовать кабану зимой в северной тайге: температура; свет; кислород; влажность воздуха; высота снежного покрова.

◆ Какое вещество с наибольшей вероятностью будет лимитировать рост пшеницы на поле (подчеркните): а) углекислый газ; б) кислород; в) гелий; г) ионы калия; д) газообразный азот.

## 2. Основные среды жизни

**Среда** - это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них прямое или косвенное воздействие. Из среды организмы получают все необходимые для жизни и в нее же выделяют продукты обмена веществ.



**Окружающая среда** – это вещество, энергия и пространство, окружающие организмы и воздействующие на них как положительно, так и отрицательно.

**Природная среда** – это совокупность природных абиотических и биотических (биогенных) факторов, по отношению к растениям, животным и другим организмам вне зависимости от контактов с человеком.

**Антропогенная среда** – природная среда изменённая человеком.

**Условия жизни, или условия существования** - это совокупность необходимых для организма элементов среды, с



которым он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может.

Приспособления организмов к среде называются **адаптацией**. Способность к адаптации - одно из основных свойств жизни вообще, обеспечивающая возможность ее существования, возможность организмов выживать и размножаться.

◆ В какой среде должны жить самые быстродвигающиеся животные? Назовите некоторых из них \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

◆ Почему в других средах скорости передвижения значительно ниже? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

◆ В какой среде органы опорно-двигательной системы животных и опорной системы растений должны иметь наивысшее \_\_\_\_\_ развитие? Почему? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

◆ В какой среде обитают самые крупные и тяжелые животные? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

◆ В каких средах будут встречаться слепые или слабо-видящие животные? Напишите названия некоторых из них \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

◆ Объясните, почему в давние времена воины определяли приближение вражеской конницы, приложив ухо к земле \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---



---

◆ Ученые-ихтиологи сталкиваются с серьезными проблемами при сохранении для музеев глубоководных рыб. Поднятые на палубу корабля, они в буквальном смысле слова взрываются, что вызывает нарушение их наружных и внутренних органов. Объясните, почему это происходит

---

◆ Заполните пропуски, выбирая одно слово из пары в скобках.

Многочлеточным паразитам, обитающим в органах и тканях человека \_\_\_\_\_ (грозит, не грозит) высыхание; в среде их обитания колебания температуры, солености, давления \_\_\_\_\_ (сильные, слабые); среда, в которой они обитают для них химически \_\_\_\_\_ (агрессивна, не агрессивна); они \_\_\_\_\_ (имеют, не имеют) защитные покровы; они \_\_\_\_\_ (имеют, не имеют) органы, связанные с поиском пищи; они \_\_\_\_\_ (имеют, не имеют) слух; они \_\_\_\_\_ (имеют, не имеют) органы зрения; количество продуцируемых ими яиц \_\_\_\_\_ (большое, небольшое).

### **Задача 1. Некоторые особенности экологии и энергетического обмена кедровки в зимний период**

Вид	Средняя масса, г	Перемещение, км/сут.	Калорийность пищи, ккал	К-во кал/1 г массы
Каменный глухарь	3079	0,5	680	0,22
Белая куропатка	660	2,1	289	0,43
Тундряная куропатка	476	1,3	281	0,59
Рябчик	403	0,2	252	0,63
Кедровка	168	9,0	64	0,38

Кукша	93	4,0	82	0,83
Синица-гаичка	14	6,3	21	1,5

Поведение кедровки зимой, распределение времени при длительности светового дня 5,5 ч следующее: поиск и добывание орешков 2,5-3 ч; время на перелеты-10-15 мин; отдых – 25-30 мин; ночевка - 18,5-20,5 ч. Кедровка делает в августе - сентябре запасы семян кедровой сосны (до 600 кладовых по 100-120 орешков). Суточная потребность птицы примерно 200 орешков. Ночует зимой на одном месте, над головой защита из веток и снега; прижимается к стволу дерева. При морозах ниже - 45 °С температура кожи снижается на 5-6°С. Возможна гипотермия тела.

**Вопросы.** 1. В чем проявляются приспособительный характер деталей поведения кедровки, распределения времени в течение суток, выбора места ночевки и гипотермии тела при сильных морозах? 2. В чем адаптивный смысл избыточности запасов кормов?

---



---



---



---



---

## Задача 2. Особенности терморегуляции у животных

Объяснить изменения, вызванные стрижкой белых овец.

Показатель	Нестриженные	Стриженные
Отражение солнечных лучей	0,18	0,36
Температура на кончиках шерсти, °С	76	53
Температура кожи, °С	42,5	45
Температура тела, °С	40,2	39,8
Частота дыхания в мин	108	230

**Вопросы.** 1. Какие механизмы терморегуляции имеют преимущественное значение для нестриженного и стриженного животного? 2. В какое время вегетационного периода в аридных условиях можно рекомендовать стрижку овец, исходя из продуктивности и здоровья животных и состояния пастбищ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Абиотические факторы среды.
2. Антропогенные факторы.
3. Биотические факторы среды.
4. Водная среда жизни.
5. В чём заключаются антропогенные воздействия на окружающую среду?
6. Зоогенные факторы.
7. К каким изменениям среды организм может приспособиться, а к каким – нет?
8. Наземно-воздушная среда жизни.
9. Почва как среда жизни.
10. Совместное действие экологических факторов.
11. Содержание, предмет и задачи экологии.

12. Среда и условия существования организмов.

13. Фитогенные факторы.

## ЗАНЯТИЕ 2

### ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ

**Цель работы.** Изучить основные свойства популяции, ее структуру, а также влияние факторов внешней среды на поведение особей в популяции.

**Популяция** - это элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды (рис. 1).

Популяция занимает определенное пространство и обладает признаками, характеризующими группу как целое, а не отдельных особей в группе. К таким признакам относятся: полная численность, плотность, рождаемость, смертность, распределение организмов по возрастам, биотический потенциал, характер распределения в пределах территории, тип роста.

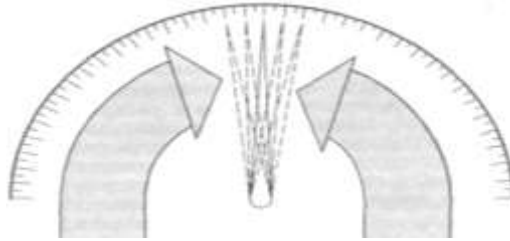
Кроме того, популяции имеют ряд генетических признаков, связанных с их экологией, - способность к адаптации, репродуктивная приспособленность и устойчивость.

Функции популяции: рост, развитие, способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях.

**Задание.**

♦ От чего будет зависеть большая или меньшая расчлененность вида на популяции? Подчеркните правильные ответы:

## ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ



Факторы увеличения численности  
(Биотический потенциал)

### Абиотические

Благоприятное освещение

Благоприятная температура  
Благоприятная химическая об-  
становка (оптимальный уровень  
необходимых питательных ве-  
ществ

### Биотические

Высокая скорость воспроизводства

Широкие параметры ниши  
Необходимое питание  
Конкурентоспособность в борьбе  
за ресурсы  
Способность спрятаться или за-  
щититься от хищников  
Способность мигрировать и жить  
в других местах  
Способность адаптироваться к  
изменению окружающей среды

Факторы уменьшения чис-  
ленности (Устойчивость к из-  
менению окружающей среды)

### Абиотические

Недостаточное или избы-  
точное освещение  
Неблагоприятная температура  
Неблагоприятная химиче-  
ская обстановка

### Биотические

Низкая скорость воспроиз-  
водства

Узкие параметры ниши  
Недостаточное питание  
Избыток конкурентов

Неспособность спрятаться  
или защититься от хищников  
Неспособность мигрировать  
и жить в других местах  
Неспособность адаптиро-  
ваться к изменению окру-  
жающей среды

Рис. 1. Размер популяции как баланс между факторами, способствующими ее росту или сокращению (по Миллеру Т., 1993)

- а) доступность корма;
- б) расчлененность занимаемой территории на неоднородные участки;
- в) обилие конкурентов;
- г) степень подвижности отдельных особей или расселение зачатков организмов (икры, семян, пыльцы, спор и т.д.);
- д) обилие хищников.

♦ Как называется территория, занимаемая видом или популяцией? Подчеркните правильный ответ: а) пространство; б) площадь; в) круг; г) ареал; д) зона; е) участок.

### **Методы оценки размеров популяций**

Среди методов оценки размеров популяции можно выделить методы прямого учета (квадраты, прямое наблюдение и фотографирование) и косвенные методы учета (метод изъятия, мечения повторного отлова и др.).

♦ **Метод квадрата.** Территория местообитания вида разбивается на некоторое число квадратов. Затем устанавливается число организмов в пределах выбранных квадратов и простым умножением числа организмов в квадрате на число квадратов определяется численность организмов на всей территории.

♦ **Прямое наблюдение.** Прямой подсчет особей возможен как к сидячим или медленно перемещающимся животным, так и к крупным подвижным животным, например, в тот момент, когда они покидают места ночлега.

♦ **Фотографирование.** Прямым подсчетом особей на фотоснимках можно установить размеры популяций крупных млекопитающих и морских птиц, собирающихся на открытых пространствах.

♦ **Метод изъятия.** Этот метод особенно удобен для оценки численности мелких организмов, например, насекомых на определенном участке луга или в определенном объеме воды. Животных отлавливают специальной сеткой, записывают число пойманных и не выпускают их до конца исследования. Затем еще трижды повторяют отлов, при этом с каждым разом число пойманных животных уменьшается. Дальнейшая работа заключается в построении графика, на котором отмечается число пойманных при каждом отлове животных и общее число пойманных животных (см. таблицу).

№	Число животных	Совокупный размер образца
1	120	0
2	93	120
3	60	213
4	35	273

Продолжив линию графика до пересечения с осью абсцисс (в этот момент число животных в последнем отлове теоретически должно быть равно нулю), можно оценить общий размер популяции. В нашем случае это 400 особей.

♦ **Метод мечения и повторного отлова.** Этот метод состоит в отлове животного, его мечении таким образом, чтобы не причинить ему вреда; например, на жаберные крышки пойманной сетями рыбы прикрепляют алюминиевые пластинки, или на ноги пойманных птиц надевают кольца. Мелких млекопитающих можно метить краской. Пойманных животных подсчитывают, метят определенную выборку из них, затем всех животных выпускают в то же самое место. Через некоторое время животных снова отлавливают и подсчитывают в выборке число животных с меткой.

Размер популяции оценивают по формуле:



$$\text{Общий размер популяции} = \frac{A \times B}{C}$$

где: А - число животных в I улове;

В - число животных во II улове;

С - число животных с меткой во II улове.

♦ На станции кольцевания птиц было отловлено и помечено 100 дроздов-рябинников. Через 10 дней отлов повторили. Поймали 120 птиц, из которых 20 были уже с кольцами. Определите, какова численность дроздов-рябинников на исследуемой территории, принимая во внимание, что меченные в первый раз птицы равномерно распределились по исследуемой территории.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

♦ На территории площадью 100 км<sup>2</sup> ежегодно производили рубку леса. На момент организации на этой территории заповедника было отмечено 50 лосей. Через 5 лет численность лосей увеличилась до 650 голов. Еще через 10 лет количество лосей уменьшилось до 90 и стабилизировалось в последующие годы на уровне 80-110 голов.

Определите численность и плотность поголовья лосей:

а) на момент создания заповедника \_\_\_\_\_

---

б) через 5 лет после создания заповедника \_\_\_\_\_

в) через 15 лет после создания заповедника \_\_\_\_\_

◆ Как Вы думаете, если в ходе эволюции появляется вид - суперхищник, что его ждет (подчеркните):

а) полное господство в природе;

б) процветание и безграничный рост численности;

в) подрыв собственных ресурсов и вымирание.

◆ Запишите известные вам примеры, когда на новых территориях виды-переселенцы, не встретив врагов-регуляторов, давали взрыв численности \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

◆ Перечислите основные причины, от которых зависит возрастная структура популяции любого вида.

---

---

---

---

---

---

---

---

На основании данных табл. 2. оцените тенденции изменения численности основных видов охотничьих животных в Брянской области.

Таблица 2

Численность основных видов охотничьих животных в Брянской области за 2005 и 2009 годы

№ п/п	Районы	белка	волк	горностай	Зяяц-беляк	Зяяц-русак	кабан	косуля	куница	лисица	лось	олень	рысь	хорёк	глухарь	тетерев	рябчик	куропатка-серая
Численность в 2005 году, голов																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Брасовский	1636	3	87	383	328	56	321	174	212	23	4	-	15	-	1472	1809	1724
2	Брянский	3412	-	63	1987	81	357	180	421	331	17	104	-	64	339	155	888	313
3	Выгоничский	1193	-	101	368	149	53	357	199	157	31	17	-	10	83	927	1107	1063
4	Гордеевский	107	4	31	-	152	17	24	16	69	5	-	-	14	-	300	-	356
5	Дубровский	639	3	123	473	139	22	118	93	103	10	-	-	1	-	6913	815	2510
6	Дятьковский	3052	-	190	1269	158	89	216	93	138	49	-	1	57	318	1114	6291	530
7	Жирятинский	160	-	70	178	150	37	61	48	53	22	-	4	36	99	875	445	430
8	Жуковский	2883	-	48	732	102	114	102	103	153	63	-	2	-	240	1101	4336	-
9	Злынковский	1417	15	80	-	200	231	288	74	68	90	-	-	27	-	501	611	2371
10	Карачевский	1058	-	34	326	236	26	57	103	147	13	-	-	68	321	2957	6725	3814
11	Клетнянский	3339	4	53	960	103	103	104	110	100	29	-	3	75	468	3525	4968	914
12	Климовский	356	2	-	-	432	11	66	89	276	7	-	-	-	-	-	-	1073

<i>Продолжение таблицы 2</i>																		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>
13	Клинцовский	762	-	55	-	166	39	108	68	97	25	-	-	-	-	879	456	1869
14	Комаричский	85	-	136	115	315	22	69	140	131	4	-	-	68	-	487	-	2625
15	Красногорский	429	4	85	98	262	18	46	42	122	9	-	-	-	-	257	-	253
16	Мглинский	825	4	21	197	148	70	71	52	76	30	-	-	22	-	524	710	1151
17	Навлинский	5254	3	134	449	173	526	1134	240	292	99	323	2	6	281	3125	2084	3781
18	Новозыбковский	929	8	72	-	388	74	245	69	257	33	-	-	-	-	354	446	2455
19	Погарский	336	5	48	-	326	39	61	68	94	22	-	-	149	-	145	-	-
20	Почепский	1605	1	36	986	726	52	573	272	238	74	7	-	85	-	2886	-	4853
21	Рогнединский	1053	-	208	827	191	85	123	66	341	21	-	1	40	94	4748	1043	-
22	Севский	421	3	161	-	277	17	113	86	184	9	-	-	61	-	960	756	5341
23	Стародубский	178	2	32	-	493	2	33	145	281	-	-	-	-	-	-	-	1548
24	Суземский	1717	3	180	686	209	154	369	116	126	132	192	-	52	155	645	3248	-
Всего в 2005 году:		32854	64	2048	10034	5904	2214	4839	2887	4046	817	647	13	850	2398	34850	36738	38974
Численность в 2009 году, голов																		
По Брянской области	43011	50	2173	9190	7591	4708	6806	2645	4542	1473	571	18	1138	2677	33115	32716	60394	

♦Какая среда будет более емкой (правильный ответ подчеркните):

- а) для лося: лиственный лес, хвойный лес, поле, болото;
- б) для колорадского жука: луг, картофельное поле, болото;
- в) для рыжего таракана: лес, чистая комната, поле, кухня;
- г) для больших синиц: поле, озеро, лес, лес с кормушками;
- д) для пшеницы: орошаемое поле, лес, луг, пустошь, вырубка, поле;
- е) для бобра: река, протекающая по степи, река, протекающая по еловому лесу, река, протекающая по осиновому лесу, река, протекающая по тундре.

**Задача 1.** Составить график динамики численности белки и гистограмму изменения урожайности кедровой сосны по данным таблицы 3.

Таблица 3

Динамика численности белки в годы урожая и неурожая семян кедровой сосны

Последовательность, лет	Величина заготовки	Урожай семян кедра, ц/га	Последовательность, лет	Величина заготовки	Урожай семян кедра, ц/га
1	1,3	5	10	6,3	5
2	31,6	4	11	94,8	1
3	3,7	0	12	20,7	2
4	27,4	3	13	67,9	4
5	25,4	2	14	28,5	1
6	1,7	0	15	0,6	1
7	2,7	3	16	21,9	2
8	36,6	1	17	21,7	3
9	0,6	0			

Продолжение таблицы 3

*																		**		
100																				5
90																				4
80																				3
70																				2
60																				1
50																				
40																				
30																				
20																				
10																				
ГОДЫ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			

\*Численность белки; \*\*Урожайность кедровой сосны, баллы

Рис. 2. Величина заготовок маньчжурской белки (в условных единицах) и урожая кедра (в баллах) за 17 последовательных лет.

**Вопросы:**

1. Совпадают ли кормные годы с годами массового размножения белки?
2. Какая закономерность выявляется в появлении «урожая» белок в связи с урожаем кедра?
3. Каков размах изменчивости заготовок белки за данный период?
4. Каковы среднегодовые показатели заготовок белки за 10 лет?
5. Каков средний период между сроками массового размножения белки?

6. С какой вероятностью можно планировать объем заготовок пушнины белки на пятилетку, на 10 лет?

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задача 2.** Ограничения величины использования запасов пищи.

Проанализировать данные таблицы. Запас травы на пастбище и ее стравливание коровами.

Последовательность стравливания при выпасе	Количество доступной коровам травы, кг/г сухой массы	Количество травы, съеденной 1 коровой за сутки, кг	Изменение молочной продуктивности, %
Три первых дня	1165	14,5	100
Три последующих дня	535	9,0	91
Три последующих дня	275	4,5	85

**Вопросы:**

1. Остался ли на пастбище запас доступной животным травы?
2. Рационально ли продолжать пастьбу и почему?
3. Как правильно организовать пастьбу в целях поддержания максимальной молочной продуктивности животных?
4. Может ли пастьба травоядных стать причиной полного уничтожения надземной фитомассы кормовых растений?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задача 3.** Анализ результатов опыта по внутривидовой конкуренции гусениц сухофруктовой огневки в условиях ограничения пищевых ресурсов. Экспериментальные данные, представленные в таблице 4.

Таблица 4

Число куколок огневки (*Ephestia caetella*), полученных из разного количества яиц в условиях ограничения пищевых ресурсов

Первоначальное число яиц	10	20	50	100	200	400	800	1600
Число куколок	8	15	37	74	137	379	477	392
Количество пищи, проходящейся на 1 личинку	3,13	1,67	0,67	0,33	0,18	0,08	0,05	0,06

**Определите:**

- Каково минимальное количество пищи, необходимое для превращения личинки в куколку?

- Какое количество пищи приходится на 1 личинку при разной плотности популяции?

1. Начертите график изменения числа куколок в зависимости от количества отложенных яиц.

2. Начертите гистограмму изменения количества пищи, проходящейся на 1 личинку, при увеличении плотности популяции.

Число яиц											Пища, г/лич.	
1600												3,5
1400												3,0
1200												2,5
1000												2,0
800												1,5
600												1,0
400												0,5
200												0,05
Число куколок	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500		

3. Сделайте вывод о роли внутривидовой конкуренции в регуляции численности популяции.

---



---



---



---



---



---



---



---

**Задача 4.** Демографическая структура популяции

На основании данных таблицы 5 решите, почему скворцам невыгодно откладывать небольшое или слишком большое число яиц.

Таблица 5

Выживание птенцов скворцов в зависимости  
от числа яиц в кладке

Порядковый номер	Величина кладки (число яиц в гнезде)	Доля выживших птенцов, %	Среднее значение вылетевших из гнезда птенцов
1	1	100	
2	2	95	
3	3	90	
4	4	83	
5	5	80	
6	6	53	
7	7	40	
8	8	35	
9	9	32	

Рассчитайте средние значения вылетевших из гнезд птенцов в зависимости от величины кладки. Впишите эти значения в соответствующую колонку таблицы. Какие родители (по порядковому номеру) оставят в популяции наибольшее число своих потомков? Среднее значение вылетевших из гнезда птенцов рассчитывайте путем умножения доли выживших птенцов на величину кладки и деления получившего числа на 100.

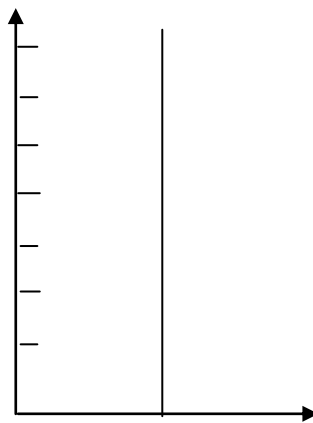
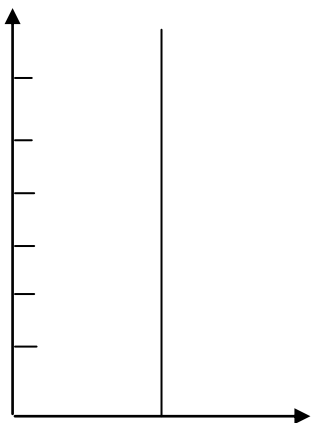
### Задача 5.

Начертите возрастную пирамиду популяции большой синицы, если весной, до вылупления птенцов, 60% популяции составляют птицы прошлого года рождения, участвующие в размножении первый раз, на двухлетних приходит-

ся 20%, на трёхлетних – 8%, четырёхлетних – 5%, пятилетних – 4%, 3% составляет доля особей в возрасте от 6 до 10 лет. Как изменится возрастная пирамида популяции большой синицы после вылета птенцов из гнезда, если численность до гнездования составляла 10000 особей, а кладка в среднем состоит из 8 яиц при соотношении полов 1 : 1? Смертность птенцов составляет 40 %.

Весенняя возрастная пирамида

Летняя возрастная пирамида




---



---



---



---

### Взаимодействие популяций

◆ Заполните среднюю колонку таблицы примерами, характеризующими тип биологического взаимодействия между популяциями разных видов. Пары видов, вступающих во взаимо-

действие нужно выбрать из предложенного списка. Каждый вид можно использовать для примера только один раз.

Тип взаимоотношений	Примеры
Конкуренция	
Паразитизм	
Мутуализм	
Хищничество	
Комменсализм	

*Цапля, шакал, человек, лев, амёба, берёза, акула, горох, пчела, щука, рыба-прилипала, пшеница, липа, росянка, наездник-трихограмма, смородина, подберёзовик, тля, бодяк полевой, аскарида, заяц-беляк, лягушка, яйца капустной белянки, муха, клубеньковые азотфиксирующие бактерии, водные бактерии, карась, заяц-русак.*

◆ Взаимодействие двух популяций теоретически можно представить в виде парных комбинаций символов «+», «-», «0», где «+» обозначает увеличение выгод для популяции, «-» - ухудшение состояния популяции и «0» - отсутствие значимых изменений при взаимодействии. Запишите, используя пары символов («+ +», «- -», «+ -», «0 0», «+ 0») взаимодействия популяций в таблице.

◆ Способы защиты организмов от хищников условно

можно разделить на три группы (см. таблицу). Заполните таблицу, вписывая номера предлагаемых ниже вариантов защиты напротив каждой из этих групп.

<b>Способы защиты организмов от хищников</b>	<b>Номера предлагаемых вариантов защиты</b>
А. Избегание жертвой встречи с хищником	
Б. Избегание жертвой контакта с хищником после её обнаружения	
В. Способы, действенные при непосредственном контакте	

*Варианты защиты.*

1. Сооружение убежищ или использование естественных укрытий.
2. Несъедобность, ядовитость «при опробовании».
3. Покровительственная форма и окраска.
4. Жертва обладает крупными размерами тела.
5. Миграция из мест, обильных хищниками.
6. Обладание панцирем, раковиной, шипами, иглами.
7. Выбрасывание защитных веществ.
8. Оповещение других особей о приближении хищника.
9. Предупреждающая окраска, запах, звук, мимикрия.
10. Затаивание.
11. Самокалечение (автотомия).
12. Бегство.
13. Активная защита, когда жертва борется с хищником.

**Контрольные вопросы:**

1. Внутривидовые взаимоотношения в популяциях.
2. Демографическая структура популяций.
3. Межвидовые взаимоотношения в популяциях.
4. Образ жизни особей в различных популяциях.
5. Определение популяции. Ее структура и свойства.
6. Характеристика природных популяций.
7. Методы учёта размеров популяции.

## **ЗАНЯТИЕ 3**

### **ЭКОСИСТЕМЫ. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СВОЙСТВА ЭКОСИСТЕМ**

#### **1. Структура и свойства природных экосистем**

#### **2. Пищевые цепи и трофические уровни**

**Цель работы.** Изучить структуру и свойства природных экосистем, взаимосвязь компонентов экосистем, пищевые цепи в различных биоценозах.

#### **1. Структура и свойства природных экосистем**

Окружающий нас мир живых организмов биосферы представляет собой сочетание различных биологических систем разной структурной упорядоченности и разного организационного положения.

Экосистема - основная функциональная единица в экологии. Термин "экосистема" впервые был предложен в 1935 г. английским экологом А. Тэнсли.

Экологическая система - сообщество взаимосвязанных организмов разных видов (биоценоз) со средой своего обитания (неживой, косной природой).

В совокупности экосистему можно представить как единое целое, в котором биогенные вещества из, абиотического компонента включаются в биотический и обратно, то есть происходит постоянный круговорот веществ с участием живого (биотического) и неживого (абиотического) компонентов (рис. 3).

В отечественной литературе широко применяется термин биогеоценоз, предложенный в 1940 году В.Н. Сукачевым.

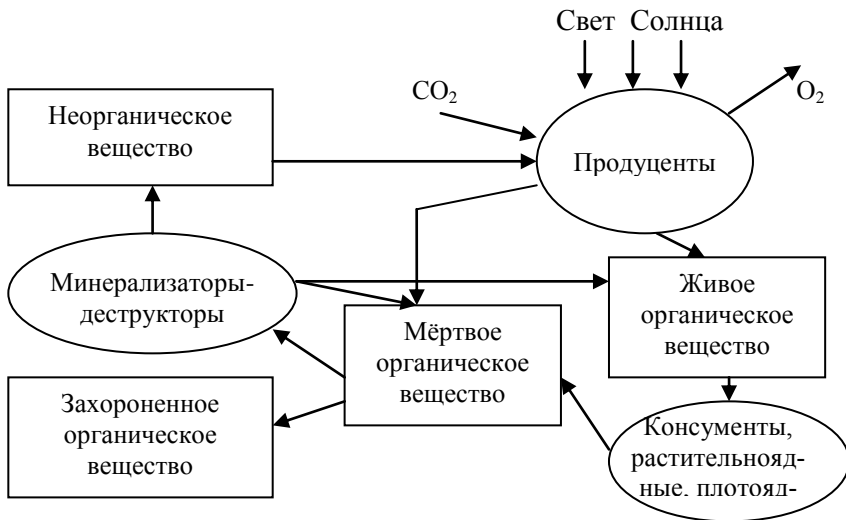


Рис. 3. Функциональная структура экосистемы и потоки вещества в экосистеме (по Боголюбову С.А., 1997 г.)

Биогеоценоз (БГЦ) - эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей их косной среды. БГЦ характеризуется определенным энергетическим состоянием, типом и скоростью обмена веществом и информацией.

Совокупность организмов называют биотой экосистемы. Пути взаимодействия разных категорий организмов - это ее биотическая структура.

С точки зрения трофической структуры, экосистему можно разделить на два яруса:

- верхний - автотрофный, включающий растения или их части, содержащие хлорофилл, где преобладает фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений.



- нижний - гетеротрофный ярус, или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней, в котором преобладают использование, трансформация и разложение сложных соединений.

С биологической точки зрения, в составе экосистемы выделяют следующие компоненты:

- неорганические вещества, включающиеся в круговороты;
- органические соединения, связывающие биотическую и абиотические части;
- воздушную, водную и субстратную среды, включающие климатический режим и другие физические факторы;
- продуцентов, автотрофных организмов, производящих пищу из простых неорганических веществ;
- консументов - гетеротрофных организмов, главным образом животных, питающихся другими организмами или частицами органического вещества;
- редуцентов и детритофагов - гетеротрофных организмов, получающих энергию либо путем разложения мертвых тканей, либо путем поглощения растворенного органического вещества. Некоторые редуценты, называемые детритофагами, питаются непосредственно мертвой органической материей поваленного дерева. Другие редуценты, называемые деструкторами, разлагают сложные органические соединения мертвой древесины до более простых питательных веществ, которые возвращаются в почву для повторного использования растениями (по Миллеру Т, 1993) (рис. 4).

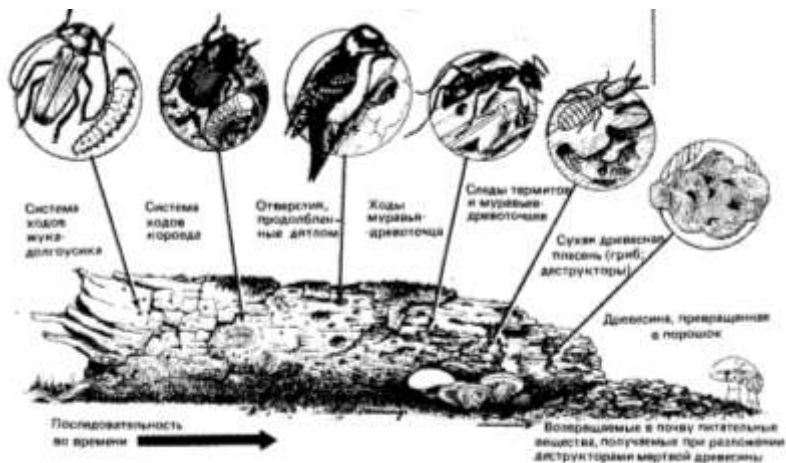


Рис. 4. Редуценты (детритофаги)

Процесс образования на Земле биогеоценозов идет непрерывно. Они формируются на осыпях, дюнах, лавах и т.д. В других местах в течение длительной эволюции образовались устойчивые, зрелые БГЦ с флорой и фауной, приспособленной друг к другу и условиям своего существования. Это позволило разделить биогеоценозы на молодые (формирующиеся) и полностью сформировавшиеся, климаксные (табл. 6).

Таблица 6

Экосистемные характеристики сообществ на разной стадии сукцессий (Т. Миллер, 1993 г.)

Характеристика	Незрелая экосистема	Зрелая экосистема
Структура экосистем		
Размер растений	небольшой	большой
Видовое разнообразие	низкое	высокое
Трофическая структура	в основном продуценты, мало редуцентов	сочетание продуцентов, консументов и редуцентов

Продолжение таблицы 6

Экологические ниши	немного, преимущественно общие	много, преимущественно специализированные
Уровень организации (количество внутренних связей)	низкий	высокий
Функционирование экосистем		
Пищевые цепи и сети	простые, в основном растительные – травоядные с малым количеством редуцентов	сложные с преобладанием редуцентов
Эффективность воспроизводства питательных веществ	низкая	высокая
Эффективность использования энергии	низкая	высокая

**Задание:**

♦ Организмы, потребляющие органическое вещество и перерабатывающие его в новые формы, называют \_\_\_\_\_.

Они представлены в основном видами, относящимися к \_\_\_\_\_ миру.

♦ Организмы, потребляющие органическое вещество и полностью разлагающие его до минеральных соединений, называют \_\_\_\_\_.

Они представлены видами, относящимися к \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

♦ Организмы, которые потребляют минеральные соединения и, используя внешнюю энергию, синтезируют органические вещества, называют \_\_\_\_\_. Они представлены в основном видами, относящимися к \_\_\_\_\_ миру.

◆ Вставьте пропущенные слова.

Сообщества организмов разных видов, тесно взаимосвязанных между собой и населяющих более или менее однородный участок, называют \_\_\_\_\_.

В его состав входят: растения, животные, \_\_\_\_\_

---

◆ Крупное системно-географическое (экосистемное) подразделение в пределах природно-климатической зоны (например, влажные тропические леса) называется: а) экотопом; б) биомом; в) биотопом; г) ландшафтом.

◆ Исторически сложившаяся совокупность организмов различных видов, обитающих на определенном пространстве называется: а) биоценозом; б) биотой; в) экосистемой; г) биогеоценозом.

◆ В любой сукцессионной серии темпы происходящих изменений постепенно замедляются. Конечным итогом является формирование относительно устойчивой стадии сообщества, которая носит название: а) коакции; б) климакса; в) диапаузы; г) коллапса.

**Задача 1.** Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов ( $K$ ) (растительных компонентов биоценозов), используя формулу Жаккара:

$$K = \frac{C \times 100\%}{(A + B) - C}$$

Где  $A$  — число видов данной группы в первом сообществе,

$B$  — во втором,

$C$  — число видов, общих для обоих сообществ.

Индекс выражается в процентах сходства.

Первый фитоценоз — это сосняк-черничник: сосна обыкновенная, черника, брусника, блестящий зеленый мох, майник двулистный, седмичник европейский, ландыш майский, гудиера ползучая, грушанка круглолистная.

Второй фитоценоз — это сосняк — брусничник-зеленомошник: сосна обыкновенная, брусника, блестящий зеленый мох, ландыш майский, грушанка средняя, зимолюбка, вереск обыкновенный, кукушник, плаун булавовидный.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задача 2.** Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов (растительных компонентов биоценозов), используя формулу Жаккара (см. предыдущее задание). Первый располагается в заповеднике, другой в соседнем лесу, где отдыхают люди.

Список видов первого фитоценоза: дуб черешчатый, липа, лещина, осока волосистая, мужской папоротник, подмаренник Шульцеса, сныть обыкновенная.

Список видов нарушенного фитоценоза: дуб черешчатый, яблоня домашняя, липа, одуванчик лекарственный, подорожник большой, осока волосистая, земляника лесная, сныть обыкновенная, крапива двудомная, горец птичий, лопух большой, череда.

Выпишите названия видов, которые исчезли из сообщества дубравы под действием вытаптывания. Выпишите названия видов, которые появились в дубраве благодаря

вытаптыванию и другим процессам, сопутствующим отдыху людей в лесу.

---

---

---

---

---

## 2. Пищевые цепи и трофические уровни

В функционирующей природной экосистеме не существует отходов. Все организмы, живые или мертвые, потенциально являются пищей для других организмов. Внутри экосистемы содержащие энергию вещества создаются автотрофными организмами и служат пищей для гетеротрофов.

**Пищевые связи** - это механизмы передачи энергии от одного организма к другому.

**Пищевой (трофической) цепью** или цепью питания называется последовательность переноса энергии и питательных веществ от продуцентов к редуцентам и обратно к продуцентам.

**Трофическим уровнем** называется место каждого звена в цепи питания. Все организмы, пользующиеся одним типом пищи, принадлежат к одному трофическому уровню.

Первый трофический уровень занимают автотрофы, или так называемые первичные продуценты. Организмы второго трофического уровня называются первичными консументами, третьего - вторичными консументами и т. д.

Совокупность трофических цепей в их конкретном выражении, включающем прямые и косвенные взаимоотношения составляющих их видов, формирует целостную трофическую структуру биоценоза (рис. 5).

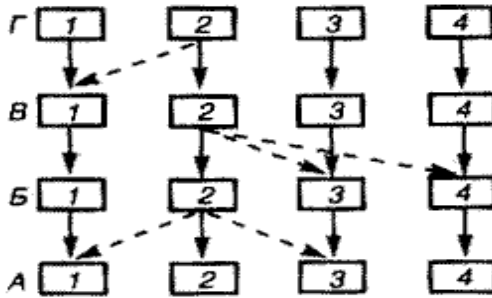


Рис. 5. Простейшая схема трофической структуры биоценоза (по И.А. Шилову, 1985) А-Г - трофические уровни. А - продуценты, Б - консументы I порядка (фитофаги), В - консументы II порядка, Г - консументы III порядка; 1 - 4-конкретные виды данного трофического уровня; одинаковыми цифрами обозначены отдельные трофические цепи; сплошными стрелками - прямые (трофические) связи, пунктирными стрелками - косвенные (конкурентные) связи.

Обычно различают три типа пищевых цепей. Пищевая цепь хищников начинается с растений и переходит от мелких организмов к организмам все более крупных размеров. На суше пищевые цепи состоят из трех-четырёх звеньев. Один из простейших примеров:

- *Растение* → *заяц* → *волк*;
- *Продуцент* → *травоядное* → *плотоядное*;
- *Нектар* → *муха* → *наук* → *землеройка* → *сова*.

Пищевые цепи паразитов, идут от крупных организмов к мелким:

- *Растение* → *травоядное* → *паразит* → *гиперпаразит*;
- *Сосна* → *гусеница* → *бракониды* → *наездники*.

Детритные (сапрофитные) пищевые цепи (цепи разложения) начинаются с отмерших остатков растений, трупов, экскрементов животных:

- *Листовая подстилка* → *дождевой червь* → *черный дрозд* → *ястреб-перепелятник*;

- *Мертвое животное* → *личинки мух* → *травяная лягушка* → *обыкновенный уж*.

Организмы природных экосистем вовлечены в сложную сеть многих связанных между собой пищевых цепей. Такая сеть называется пищевой сетью (рис. 6).

**Задание:** Вставьте пропущенные слова.

Ряды, в которых каждый предыдущий вид служит пищей последующему, называют \_\_\_\_\_.

◆ Составьте четыре цепи питания. Первая начинается с инфузории в пресном водоеме; вторая – с семян одуванчика; третья – с клевера; четвертая – с комара. Все цепи питания должны заканчиваться человеком. Предложите наиболее длинные варианты.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Напишите названия растений, которые могут занимать места и продуцента и консумента второго порядка.

---

---

---

---

---

---

---

---



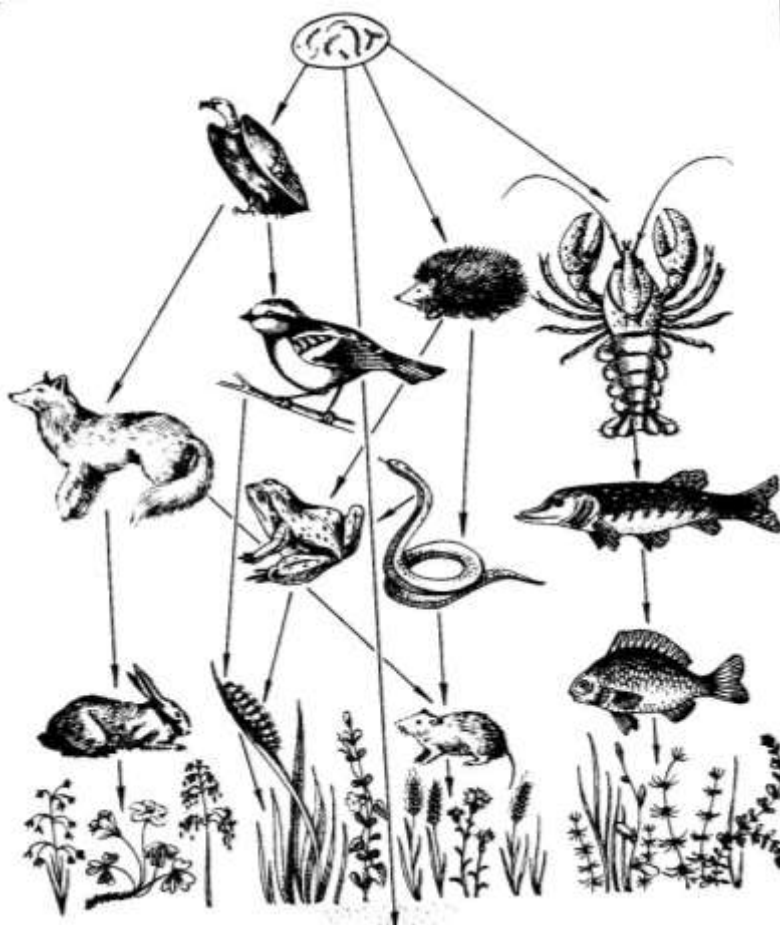


Рис. 6. Трофические - пищевые связи между организмами

◆ Напишите названия животных, которые всегда занимают строго определенное место в цепях питания.

◆ Почему в прудовых хозяйствах выгоднее выращивать толстолобиков, а не щук? Выберите правильный ответ: а) толстолобики быстрее растут; б) щуки чаще гибнут от

болезней и неблагоприятных условий; в) толстолобики питаются энергетически дешевой растительной пищей, а щуки – дорогой, животной.

◆ Предложите способ использования свиного навоза в цепях питания для получения в конечном итоге товарной продукции прудового хозяйства. Запишите цепь питания, соответствующую этому способу:

свиньи → навоз → \_\_\_\_\_

---

◆ Подчеркните названия животных, которых можно отнести к консументам первого порядка: корова, лев, амеба, паук, волк, заяц, мышь, зеленый кузнечик, ястреб, гусь, лисица, щука, антилопа, гадюка, степная черепаха, виноградная улитка, дельфин, колорадский жук, бычий цепень, гусеница капустной белянки, белый медведь, пчела, кровососущий комар, яблоневая плодожорка, тля, акула.

◆ Постройте схему пищевой сети, включив в нее перечисленные ниже организмы: травы, кролик, почвенные грибы, ягодный кустарник, жук-навозник, растительное насекомое, паук, воробей, ястреб.

---

---

---

---

---

---

---

---

◆ Рассчитайте, сколько воды и пищи (растительной и животной) потребляет человек за свою жизнь. В среднем в течение одного дня он съедает около 2 кг обработанной растительной пищи (хлеб, крупы, картофель, макароны, овощи, фрукты) и 0,5 кг животной пищи (мясо, рыба, яйца, творог, и. т. п.). В сутки человеку требуется 2 литра воды. В

среднем люди живут 70 лет. Полученные данные занесите в таблицу 7.

Таблица 7

Количество воды и пищи, потребляемые за жизнь человеком

Животная пища, т	Растительная пища, т	Вода, м <sup>3</sup>

◆ Рассчитайте, сколько продуктов (т) потребляет за одни сутки население большого города, например, Москвы (10 млн. чел.).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

◆ Постройте схему пищевой сети, включив в нее перечисленных ниже организмы: волк, лисица, сова-неясыть, уж обыкновенный, ястреб, травяная лягушка, заяц, полевка, гля, паук, божья коровка, дуб (с семенами, листьями, корой и древесиной), медуница, мухоловка, короед, дятел, муха-журчалка, клевер, пчела, белка.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

◆ Зная правило десяти процентов, рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один медведь весом 300 кг (пищевая цепь: фитопланктон — зоопланктон — мелкие рыбы — лосось — медведь). Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

◆ Зная правило десяти процентов, рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один синий кит весом 150 000 кг (пищевая цепь: фитопланктон — зоопланктон — синий кит). Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

◆ Зная правило десяти процентов, рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы выросла одна щука весом 10 кг (пищевая цепь: фитопланктон — зоопланктон — мелкие рыбы — окунь — щука). Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня

---

---

---

---

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Агрэкосистемы: типы, формы, структура и функции.
2. Воздействие агрэкосистем на компоненты биосферы.
3. Классификация и краткая характеристика экосистем (по Одуму).
4. Консументы и их роль в экосистеме. Пищевые связи.
5. Отличительные особенности естественных экосистем от агрэкосистем.
6. Отношения организмов в биоценозе: трофические, топические, форические и фабрические связи.

7. Пищевые цепи и трофические уровни.
8. Понятие о биоценозе: состав и структура.
9. Поток энергии в экосистемах.
10. Продуценты и их роль в экосистеме.
11. Состав экосистем.
12. Структура экосистемы.
13. Трофическая структура и экологические пирамиды.
14. Уровни существования живого вещества.
15. Учение о биогеоценозах. Механизмы гомеостаза.
16. Учение о биосфере. Этапы развития биосферы.
17. Экологические ниши. Пограничный эффект.
18. Экологические пирамиды.
19. Характеристика современной биосферы. Законы ее развития и саморегуляции.
20. Эволюция биосферы.

#### **ЗАНЯТИЕ 4**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМ**

- 1. Поступление фотосинтетически активной радиации (ФАР) на поверхность планеты. Биологическая продуктивность экосистем**
- 2. Потенциальный биологический и товарный урожай сельскохозяйственных культур**

**Цель работы:** Изучить поступление солнечной радиации на поверхность Земли в течение года в различных географических зонах, познакомиться с коэффициентом полезного действия солнечной радиации, рассчитать вероятностные величины урожайности сельскохозяйственных культур, определить факторы, повышающие увеличению усвоения солнечной радиации.

## 1. Приход ФАР на территорию. КПД ФАР

Солнце – это гигантский реактор термоядерного синтеза, выбрасывающий в космос широкий спектр лучистой энергии. Достигнув Земли, значительная часть энергии отражается или поглощается атмосферой, которая не пропускает к земной поверхности большую часть космического излучения: гамма-лучей, рентгеновских лучей, и ионизирующего дальнего ультрафиолетового излучения.

В процессе фотосинтеза используется не весь спектр солнечной радиации, а только та часть, которая находится в интервале длин волн от 380 до 710 нм. Эту радиацию и называют фотосинтетически активной. Теоретическая возможность скорость создания первичной биологической продукции определяется возможностями фотосинтетического аппарата растений и количеством энергии, поступающим на данную территорию (табл. 8).

Таблица 8

Среднемесячные и годовые значения суммарной ФАР, кДж/см<sup>2</sup> (Муха В.Д. и др., 1994)

Города	Месяцы					
	1	2	3	4	5	6
С- Петербург	0,8	3,3	9,6	16,3	24,2	27,6
Смоленск	2,9	6,3	16,3	16,7	24,2	27,6
Киев	5,0	5,4	15,0	19,6	28,8	32,1
Астрахань	5,4	10,0	15,0	22,5	29,6	32,6
Города /Месяцы	7	8	9	10	11	12
С- Петербург	26,3	18,4	11,7	4,6	1,3	0,4
Смоленск	28,4	20,5	13,4	7,1	3,3	2,1
Киев	32,1	26,3	17,9	10,4	5,0	3,3
Астрахань	31,7	28,8	22,5	13,4	7,0	4,2

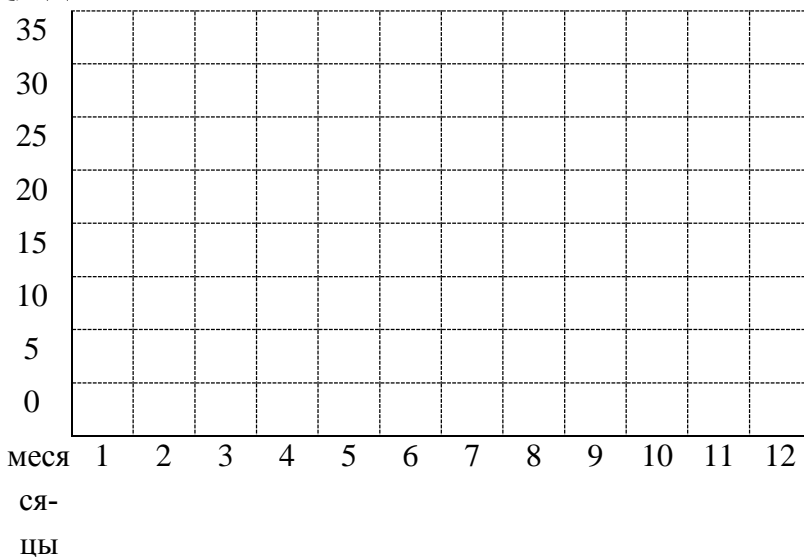
- Перевод кДж/см<sup>2</sup> = n × 10<sup>8</sup> кДж/га,

- 1 ккал = 4,19 кДж

Накопление биомассы находится в самой тесной связи с фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Максимально достигаемый в природе КПД фотосинтеза 10-12% энергии ФАР отмечается в зарослях джугары и тростника в Таджикистане в кратковременные, наиболее благоприятные периоды. КПД фотосинтеза в 5% считается очень высоким для фитоценоза. В целом по земному шару усвоение растениями солнечной энергии не превышает 0,1 %. Средний коэффициент использования энергии ФАР для территории России равен 0,8 %, на европейской части страны составляет 1,0-1,2 %.

**Задание 1.** Построить график прихода ФАР на территорию в зависимости от географической широты местности, используя данные табл.8.

Q, кДж/см<sup>2</sup>





1. Рассчитайте приход ФАР по сезонам года и выразите в процентах от суммы за год. Результаты расчетов занесите в сводную таблицу 9.

2. Рассчитайте приход ФАР за вегетационный период по широте Смоленска с 15.04 по 15.09 и выразите в процентах от годовой.

Таблица 9

Распределение ФАР по сезонам года, % от суммы за год

Города	Сезоны				Вегета- цион- ный период
	Зима	Весна	Лето	Осень	
С- Петербург					
Смоленск					
Киев					
Астрахань					

3. Сделайте вывод о распределении ФАР по территории.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Биомасса и первичная продуктивность экосистем в разных географических областях очень широко варьирует (табл. 10).

Таблица 10

Биомасса (сухое вещество), первичная и вторичная биологическая продуктивность (Реймерс, 1990)

Тип экосистемы	Площадь, млн. км <sup>2</sup>	Биомасса растений, кг/м <sup>2</sup> , Хср.	Общая биомасса растений, млрд. т	Общая биомасса животных, млн. т	Чистая первичная продукция, г/м <sup>2</sup> за год, Хср.	Общая чистая первичная продукция, млрд. т в год	Продуктивность животных, млн. т в год
Влажные тропические леса	17,0	45	765	330	2200	37,4	260
Тропические сезонно-зеленые леса	7,5	35	260	90	1600	12	72
Вечнозеленые леса умеренного пояса	5,0	35	175	50	1300	6,5	26
Листопадные леса умеренного пояса	7,0	30	210	100	1200	8,4	42
Тайга	12,0	20	240	57	800	9,6	38
Лесостарниковые сообщества	8,5	6	50	40	700	6	30
Саванна	15,0	4	60	220	900	13,5	300
Луговая степь	9,0	1,6	14	60	600	5,4	80
Тундра и высокогорье	8,0	1,6	14	60	140	1,1	3
Пустыни и полупустыни	18,0	0,7	13	8	90	1,6	7
Сухие пустыни, скалы, ледники	24,0	0,02	0,5	0,02	3	0,07	0,02

Продолжение таблицы 10

Культивируемые земли	14,0	1	14	6	650	9,1	9
Болота	2,0	15	30	20	2000	4,0	32
Озера и водотоки	2,0	0,02	0,05	10	250	0,5	10
Материковые экосистемы в целом	149	12,3	1837	1005	773	115	909
Открытый океан	332,0	0,003	1,0	800	125	41,5	2500
Зона апвеллинга	0,4	0,02	0,008	4	500	0,2	11
Континентальный шельф	26,6	0,01	0,27	160	360	9,6	430
Заросли водорослей и рифы	0,6	2	1,2	12	2500	1,6	36
Эстуарии	1,4	1	1,4	21	1500	2,1	48
Морские экосистемы в целом	361	0,01	3,9	997	152	55--	3025
В целом на Земле*	510	3,6	1841	2002	333	170	3934

\* Биомасса организмов толщи литосферы и аэробииосферы несопоставимо мала, продуктивность организмов литобииосферы неизвестна, организмов аэробииосферы — ничтожно мала.

**Задание 2.** На основании данных, приведенных в таблице 10 ответьте на следующие вопросы:

1. Рассчитайте долю основных биомов мира относительно площади поверхности земного шара.

2. Укажите самый продуктивный наземный и водный биомы. Объясните причины наивысшей продуктивности живых организмов. Сравните со средней продуктивностью всех биомов Земли.

Тип экосистемы	S, млн.км <sup>2</sup>	%, от S Земли	Тип экосистемы	S, млн.км <sup>2</sup>	%, от S Земли
Влажные тропические леса	17,0		Культивируемые земли	14,0	
Тропические сезонно-зеленые леса	7,5		Болота	2,0	
Вечнозеленые леса умеренного пояса	5,0		Озера и водотоки	2,0	
Листопадные леса умеренного пояса	7,0		Материковые экосистемы в целом	149	
Тайга	12,0		Открытый океан	332,0	
Лесокустарничково-вые сообщества	8,5		Зона апвеллинга	0,4	
Саванна	15,0		Континентальный шельф	26,6	
Луговая степь	9,0		Заросли водорослей и рифы	0,6	
Тундра и высокогорье	8,0		Эстуарии	1,4	
Пустыни и полупустыни	18,0		Морские экосистемы в целом	361	
Сухие пустыни, скалы, ледники	24,0		В целом на Земле*	510	

3. Рассчитайте скорость общего оборота органического вещества - отношение величины запаса живого и мертвого органического вещества к продукции, (%). Этот показатель позволяет выявить «подвижность» каждой единицы органического вещества при прохождении этапов трансформирования продукции.

Тип экосистемы	Запас биомассы /Продуктивность	Устойчивость, балл	Тип экосистемы	Запас биомассы /Продуктивность	Устойчивость, балл
Влажные тропические леса			Культивируемые земли		
Тропические сезонно-зеленые леса			Болота		
Вечнозеленые леса умеренного пояса			Озера и водотоки		
Листопадные леса умеренного пояса			Материковые экосистемы в целом		
Тайга			Открытый океан		
Лесокустарниковые сообщества			Зона апвеллинга		
Саванна			Континентальный шельф		
Луговая степь			Заросли водорослей и рифы		
Гундра и высокогорье			Эстуарии		
Пустыни и полупустыни			Морские экосистемы в целом		
Сухие пустыни, скалы, ледники			В целом на Земле*		

---

---

---

---

---

---

4. Оцените устойчивость экосистем на основании запасов живой биомассы, пользуясь следующими показателями

Показатели устойчивости	Значение показателя	Баллы устойчивости
Биомасса, ц/га	<125	1
	125 – 500	2
	500 – 1500	3
	1500 - 4000	4
	<4000	5

Максимальным значениям фитомассы соответствует и максимальная устойчивость биогеоценоза.

---

---

## **2. Потенциальный биологический и товарный урожай сельскохозяйственных культур**

Сельскохозяйственные экосистемы или агроэкосистемы относятся к числу антропогенных экосистем, которые близки к естественным, в то же время они автотрофны. Основным источником энергии для них является Солнце. Урожай любой сельскохозяйственной культуры формируется в процессе фотосинтеза. Отмечено, что посевы сельскохозяйственных культур по использованию ФАР можно разделить

на следующие группы: обычные - 0, 5...1, 5 %, хорошие - 1, 5...3, 0%, рекордные - 3, 0...5, 0%, теоретические 6, 0...8, 0%.

Для получения высоких урожаев при интенсивных технологиях необходимо создать посеvy оптимальной структуры, наиболее полно поглощающие и использующие солнечную радиацию.

Приход солнечной радиации и его связь с продуктивностью культур выражается величиной потенциальной урожайности.

Потенциальная урожайность - это теоретически возможная (максимальная) урожайность, которую можно получить в идеальных метеорологических условиях.

Она зависит от биологических особенностей возделываемой культуры и использования фотосинтетически активной радиации (ФАР). Для расчета ПУ по ФАР применяют следующую формулу:

$$ПУ = \frac{Q \times K_0}{100 \times q}$$

где, ПУ - урожайность абсолютно сухой биомассы, т / га;

Q - сумма ФАР за вегетационный период, кДж / га;

q - количество энергии, накапливаемое единицей сухого органического вещества;

K<sub>0</sub> - коэффициент использования ФАР посеvom в идеальных экологических условиях.

Для определения величины потенциального урожая основной продукции сельскохозяйственной культуры (зерна, клубней, корнеплодов и др.) может быть использована формула

$$ПУ_{on} = \frac{100 \times ПУ_{асб}}{(100 - \omega) \times a}$$

где, **ПУ** - потенциальная урожайность основной продукции при стандартной влажности, т/га;

**ω** - стандартная влажность, %;

**а** - сумма частей основной и дополнительной продукции.

При расчете основной продукции приняты следующие показатели стандартной влажности: для зерновых культур - 14%, картофеля, корнеплоды - 80 , ботва картофеля и листья свеклы - 85, многолетних трав на сено - 16 , силосной массы кукурузы - 70.

Отношение основной продукции к побочной (а): озимая пшеница, озимая рожь - 1:2, яровая пшеница, ячмень, овес, горох - 1:1,5, картофель, сахарная свекла, кормовые корнеплоды - 1:1.

Расчет потенциального урожая товарной продукции (Ут) кормовых культур, использующихся полностью осуществляется по выше приведенной формуле без показателя « а ».

### **Задание:**

1. Определить потенциальную продуктивность основных сельскохозяйственных культур по приходу ФАР.

2. Результат представить в виде сухого вещества биомассы (знаменатель) и величине товарной продукции (числитель) (табл. 11).

3. Укажите основные способы повышения КПД ФАР посевов сельскохозяйственных культур?

---

---

---

---

---

---

---



Таблица 11

## Расчет потенциального урожая по приходу ФАР

Культуры	Калорийность, кДж/кг	Q, за период вегетации, кДж/см <sup>2</sup>	Приход ФАР, %			Период вегетации	
			1	3	6	посев	уборка
Ячмень	18000		—	—	—	15.04	25.08
Картофель	16800		—	—	—	10.05	30.08
Свекла кормовая	15200		—	—	—	1.05	1.10
Кукуруза на силос	16800		—	—	—	15.05	10.09

**Контрольные вопросы:**

1. Антропогенная энергия в земледелии.
2. Использование ФАР в естественных и антропогенных экосистемах.
3. Биомасса и первичная продуктивность экосистем.
4. Понятие потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур.
5. Продуктивность экосистем.
6. Распределение ФАР по территории в зависимости от географической широты местности в течение года.
7. Роль сельского хозяйства в формировании первичной биологической продукции.
8. Состав солнечного света. Его воздействие на живое вещество.
9. Функции живого вещества на планете.
10. Энергетическая цена сельскохозяйственной продукции.

## ЗАНЯТИЕ 5

### КРУГОВОРОТ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЦЕНОЗАХ

- 1. Виды круговоротов веществ и элементов на Земле**
- 2. Расчет запасов элементов питания в пахотных почвах**
- 3. Выявление эффективности разных видов живых организмов в круговороте веществ**
- 4. Роль сапрофитов в биологическом круговороте веществ**

**Цель работы.** Изучить основные типы круговоротов биогенных элементов, рассчитать запасы и подвижность азота, фосфора и калия в агроценозе, оценить роль отдельных видов живых организмов в круговороте веществ.

#### **1. Виды круговоротов веществ и элементов на Земле**

Круговорот веществ — это многократное участие веществ в процессах, происходящих на Земле.

Более точно следует говорить, что в круговороте участвуют не вещества, а химические элементы. После использования пищи одними организмами химические элементы переходят в соединения, усвояемые другими организмами. Энергия для осуществления этих процессов поступает от Солнца, а активную роль в них играют живые организмы. Солнечная энергия на Земле вызывает два круговорота веществ: большой, или геологический, и малый, биологический (биотический). Оба круговорота взаимно связаны и представляют единый процесс.

Большой геологический круговорот вещества включает в себя последовательные процессы выветривания массивно-кристаллических пород, образование толщи осадочных, погружение их на большие глубины, метаморфизацию и новое преобразование метаморфических пород в массивно-

кристаллические. Длительность собственно геологической истории земного шара составляет около половины всего возраста нашей планеты.

Обмен химических элементов между живыми организмами и неорганической средой, различные стадии которого происходят внутри экосистемы, называют биогеохимическим круговоротом, или биогеохимическим циклом. Возраст биологического круговорота веществ составляет примерно 15 - 20 % времени общей истории существования земного шара.

В истории геологических и биологических круговоротов, формирующих земную кору и почвенный покров, необходимо различать этапы (Ковда В.А., 1973):

а) абиотический, охватывающий большую часть докембрия ( $6000 * 10^6$  -  $500 * 10^6$  лет);

б) биотический, продолжительностью порядка 0,8 - 1,0 млрд. лет;

в) почвенный, продолжительностью порядка 300 - 400 млн. лет;

г) антропогенный, наименее продолжительный, порядка 1 млн. лет.

В понятие круговорота вещества на Земле в настоящее время вкладываются круговороты отдельных химических элементов и биологические круговороты веществ в биосфере. Химические элементы обычно циркулируют в биосфере по характерным путям из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Движение необходимых для жизни элементов и неорганических соединений можно назвать круговоротом элементов питания.

В разные периоды жизни на Земле воздействие биоты на окружающую среду было различным по объему, структуре вещественных потоков, механизмам и эффективности. Именно процессы биотической регуляции, развивающиеся на Земле на протяжении примерно четырех миллиардов лет,

явились мощнейшим фактором преобразования окружающей среды на Земле.

Благодаря непрерывному обмену веществом между биосферой и литосферой все элементы земной коры уже неоднократно входили в состав живого вещества.

Наиболее важным результатом существования жизненных циклов на нашей планете является регулярная продукция огромных запасов потенциальной энергии, связанной в растительном органическом веществе. Эта энергия в последующем расходуется бесконечной цепью ассоциирующих животных организмов, грибов, бактерий, биохимическими и химическими реакциями.

Продолжительность того или иного цикла оценивается по тому времени, которое было бы необходимо, чтобы вся масса данного вещества могла обернуться один раз на Земле в том или ином процессе. Время достаточное для полного оборота некоторых веществ на Земле, приведено в табл. 12.

Таблица 12

Время полного оборота вещества на Земле  
(Кормилицин В.И., Цицкишвили М.С., Яламов, 1997)

Наименование вещества	Время, годы
Углекислый газ атмосферы (через фотосинтез)	300
Кислород атмосферы (через фотосинтез)	2500
Воды океана (путем испарения)	$10^6$
Азот атмосферы (путем окисления электрическими разрядами, фотохимическим путем и биологической фиксации)	$10^8$
Вещество континентов (путем денудации *-выветривания)	$10^8$

\* - денудация - совокупность процессов сноса и переноса продуктов разрушения горных пород в пониженные участки земной поверхности.

До вмешательства в биосферу промышленных или сельскохозяйственных технологий такой круговорот атомов осуществлялся гармонично, подчиняясь единым энергетическим законам, управляясь совместным действием биологических и геохимических факторов.

Процессы, возникающие под техногенным воздействием, отличаются от природных в качественном и количественном отношении.

Качественные отличия заключаются в синтезе чуждых биосфере соединений или их концентрациях. По характеру и направленности антропогенных воздействий также могут не соответствовать природным условиям территории (например, возникновение местных техногенных землетрясений, вызванных добычей нефти, строительства искусственных водоемов, ведением крупных массовых взрывов в несейсмической зоне).

Количественные особенности заключаются в более значительных объемах, скорости и интенсивности поступления различных элементов. Естественный круговорот атомов в биосфере просто не успевает за техногенными выбросами.

Емкость и скорость биогеохимического круговорота атомов во многом определяется содержанием в ландшафте, гидро- и атмосфере дефицитных и избыточных элементов. Дефицитными называются элементы (O, N, P, Ca, Mg, Cu, Co, J, F, Mo, Zn, Mn и др.), добавление подвижных форм которых в биосфере ускоряет биогеохимический круговорот, повышает его емкость. В большинстве случаев недостает именно подвижных форм, в то время как общее содержание элемента в биосфере может быть достаточно велико. Поэтому борьба с дефицитом элементов должна идти по двум направлениям: добавление извне в ландшафт недостающих элементов и повышением подвижности инертной части.

Избыточными называются элементы (Cl, S, Na, Cu, Ni, Fe, F), удаление которых из биосферы ускоряет круговорот и повышает его емкость.

В каждом круговороте удобно различать две части, или два «фонда»:

1) резервный фонд - большая масса медленно движущихся веществ, в основном небиологический компонент;

2) подвижный, или обменный фонд - меньший, но более активный, для которого характерен быстрый обмен между организмами и их непосредственным окружением.

### **Задание 1.**

Рассчитать запасы основных элементов, входящих в состав земной коры и формирующих резервный фонд почвы, на основании данных по содержанию этих элементов по результатам валового анализа почв.

Рассчитать запасы подвижных элементов питания, составляющих обменный фонд почвы.

Определить степень мобилизации подвижных элементов, входящих в обменный фонд, в составе общих запасов в почве.

Исходные данные представлены в таблице 13.

Таблица 13

Определить запасы основных биофильных элементов дерново-подзолистых легкосуглинистых пахотных почвах слое 0 – 50 см, в т/га

Глубина, см	d, г/см <sup>3</sup>	% на прокаленную навеску			мг на 100 г почвы		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>мин.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0 - 20	1,25	0,090	0,12	1,85	2,8	1,4	2,0
20 - 30	1,30	0,050	0,10	1,75	2,4	0,7	1,1
30 - 50	1,35	0,02	0,08	1,60	2,2	1,1	1,3

Расчет запасов проводится по формуле:

$$Q = A \times h \times d$$

где Q - запасы элемента, т/га,  
 h - мощность слоя, см,  
 d - плотность сложения слоя, г/см<sup>3</sup>.

Результаты расчетов представить в виде таблицы 14:

Таблица 14

Запасы биофильных элементов в слое почвы 0 - 50 см  
 (т /га числитель, т/га - знаменатель)

Глубина, см	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	% от		
				N <sub>вал</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>вал</sub>	K <sub>2</sub> O <sub>вал</sub>
0 - 20	—	—	—			
20 - 30	—	—	—			
30 - 50	—	—	—			
0 - 50	—	—	—			

Сделать выводы о запасах валовых и подвижных форм основных биофильных элементов и их подвижности.

---



---



---



---



---

## Задание 2.

Выявление эффективности разных видов живых организмов в круговороте веществ

На основе данных, полученных в полевых исследованиях, определить роль разных видов в круговороте веществ.

Таблица 15

Продукция малых сусликов и степных сурков  
в Северном Прикаспии

Вид	Год	Корм		Вторичная продукция
		Потреблено	Усвоено	
Суслик малый	1971	535	427	40
	1972	355	283	28
	1973	283	225	17
Сурок степной	1974	278	206	54
	1975	318	239	65

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Рассчитайте отношение вторичной продукции к потребленному корму (в %).

2. Рассчитайте отношение вторичной продукции к усвоенному корму (в %).

Таблица 16

Эффективность образования продукции  
разными видами животных

Вид	Год	Отношение вторичной продукции к потребленному корму, %	Отношение вторичной продукции к усвоенному корму, %
Суслик малый	1971		
	1972		
	1973		
Сурок степной	1974		
	1975		



3. Полученные результаты занесите в таблицу.

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ**

1. Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об эффективности образования продукции разными видами животных.

2. Определите, какой вид животных более эффективно использует энергию пищи на рост и накопление жировых запасов.

3. Укажите, как изменяется эффективность использования энергии в разные годы.

---

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Биологический круговорот основных элементов и его интенсивность.
2. Биотическая регуляция окружающей природной среды.
3. Основные экологические проблемы землепользования.
4. Особенности современной экологической среды мест расселения.
5. Взаимосвязь геологического, биологического и антропогенного круговоротов.
6. Круговорот питательных веществ и энергии в природных и сельскохозяйственных экосистемах.
7. Биогеохимические циклы.
8. В чем сущность круговорота фосфора в биосфере?
9. Биосфера, ее структура и границы.
10. Из каких фаз состоит круговорот воды в экосистемах?
11. Круговорот веществ и потоки энергии в биосфере.
12. Круговорот воды в биосфере.
13. Круговорот серы в биосфере.

14. Круговорот фосфора в биосфере.
15. Назовите главные круговороты элементов и веществ в биосфере?
16. Перечислите особенности круговорота азота в биосфере.
17. По каким циклам совершается круговорот углерода?
18. Чем обусловлен биотический круговорот углерода?

## **ЗАНЯТИЕ 6**

### **ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ (ФЕНОДАТ)**

- 1. Ритмы физиологических процессов.**
- 2. Феноклиматическая периодизация года.**
- 3. Построение графика наступления фенологического явления.**

**Цель работы.** Изучить причины чередования биологических процессов в живых организмах, а также познакомиться с феноклиматической периодизацией времен года. Рассчитать скорость протекания феноклиматических процессов в зависимости от географического положения.

#### **1. Ритмы физиологических процессов**

На всех уровнях иерархии биосферы временная организация осуществляется по единому ритмическому принцип и является совокупностью различных взаимосвязанных биологических ритмов, которые как бы интегрированы и с внутренними системами организма и с окружающей его внешней средой.

Равномерное чередование во времени каких-либо состояний организма называется биологическим ритмом.

Различают внешние (экзогенные), имеющие географи-

ческую природу и следующие за циклическими изменениями во внешней среде, и внутренние (эндогенные), или физиологические ритмы организма.

Внешние ритмы имеют географическую природу, связаны с вращением Земли относительно Солнца и Луны относительно Земли.

### **Внешние ритмы:**

1. Суточная ритмика выражается в 24-ех часовых колебаниях оптических и радиационных характеристик подстилающей поверхности. Они определяются, главным образом, изменением высоты и наклона Солнца над поверхностью.

Суточные оптические изменения отражения экосистем описывается изменением альбедо в зависимости от высоты и наклона Солнца.

Суточные вариации радиационных характеристик ландшафта регистрируются на инфракрасных снимках, полученных в разные часы дня и ночи.

Большинство суточных измерений относятся к ритмам растений, группировок, популяций животных и элементарным почвенным участкам.

2. Погодная ритмика. Смены типов погоды образуют коротко периодические колебания свойств экосистем, вызванных особенностями циркуляции атмосферы, такими как изменения оптических и радиационных свойств, смены метеорологических показателей (облачность, осадки), чрезвычайные гидрометеорологические ситуации (пыльные бури и засухи). На практике описание смен погоды используют периоды в неделях и декадах. Экологические эффекты смен типов погод выражаются в периодичности регулярных заморозков, засушливых погод, пыльных бурь.

3. Сезонная ритмика экосистем. Рассматриваются пространственные закономерности сроков наступления сезонных явлений природы. Основным показателем сезонной ритмики экосистем являются фенологические карты. Глав-

ным источником для составления фенологических карт являются стационарные фенологические наблюдения, данные которых интерполируются и проводятся изолиниями – изофенами, соединяющими местности с одинаковыми сроками наступления сезонных явлений.

4. Разногодичная ритмика (флуктуации) экосистем. Большой интерес представляют многолетние колебания состояния экосистем. Т.А. Работнов (1983) различает:

- экотопические флуктуации, обусловленные колебаниями гидрометеорологических условий разных лет,
- антропоические – обусловленные различными формами воздействия человека,
- зоогенные – вызванные различиями и воздействиями растительных и роющих животных,
- фитоциклические – вызванные биологическими циклами доминантных биоморф
- фитопаразитарные – обусловленные эпизодическим размножением паразитных организмов.

По продолжительности различаются многие циклы, начиная с 2-3-летних. На экосистемных уровнях наиболее краткосрочные циклы часто затухают. Наиболее известны 11-летние циклы. Они хорошо прослеживаются на организменном и популяционном уровнях. С повышением солнечной активности отмечалось снижение прироста годовых колец у хвойных деревьев. В ритмике экосистем выявляются 20-23 летние циклы.

*Внутренние, физиологические ритмы* возникли исторически. Ни один физиологический процесс в организме не осуществляется непрерывно. Их периодичность может быть различной по времени. Суточные ритмы наследуются, они присущи растениям и животным от рождения. Эндогенные суточные и годовые ритмы сформировались в результате длительной эволюции. Известный хронобиолог Ф. Хальберг разделил биологические ритмы на три группы:

■ ритмы высокой частоты с периодом не превышающим получасового интервала (ритмы сокращения сердца, дыхания, электрических проявлений мозга, перистальтики кишечника);

■ ритмы средней частоты с периодом от получаса до шести-семи суток (смена сна и бодрствования, активности и покоя, суточные изменения в обмене веществ, содержании ряда компонентов крови, открывания и закрывания цветков;

■ низкочастотные ритмы с периодом от четверти месяца до одного года: недельные, лунные, сезонные ритмы.

**Задание:**

◆ Перечислите известные вам абиотические факторы среды, которые периодически и закономерно изменяются во времени:

---

---

---

---

---

---

---

◆ Предположите и запишите, в каких условиях обитания у животных будут отсутствовать суточные ритмы. Объясните почему. Приведите примеры.

---

---

---

---

---

---

---

◆ Какие типы биологических ритмов (приливно-отливные, суточные, годовичные) определяют следующие явления:

Биологическое явление	Тип биологических ритмов
Спячка бурых медведей	
Утреннее раскрытие цветков у растений	
Осенний листопад	
Сон у человека	
Периодичность открывания и закрывания раковин устриц, обитающих в прибрежной зоне	
Перелеты птиц с мест гнездования в южные районы	

Циркадные и суточные ритмы лежат в основе способности организма чувствовать время. Механизм, ответственный за такую периодическую активность — будь то питание или размножение, — получил название «биологических часов». Поразительная точность работы биологических часов, управляющих жизнедеятельностью многих растений и животных, является объектом исследований ученых разных стран мира (рис. 7).

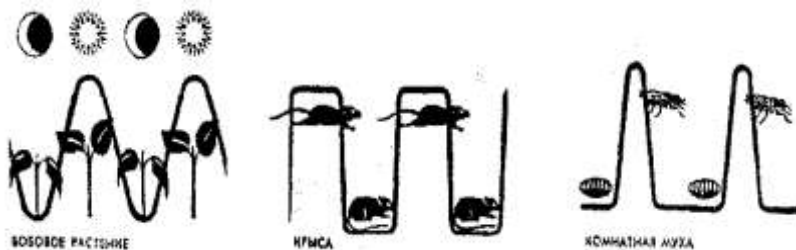


Рис. 7 - Биологические часы (из П. Фарба, 1971).

Как видно из приведенных кривых, листья бобовых на ночь сникают, а днем снова расправляются. График активности крыс состоит из последовательно чередующихся прямоугольных ям (день - крыса спит) и плато (ночь - крыса бодрствует). Комнатные мухи большей частью вылупляются из куколок утром. Эта адаптация имеет столь глубокие корни, что даже в условиях постоянных освещенности, температуры и влажности мухи сохраняют свойственную им периодичность поведения.

*Фотопериод*, или продолжительность дня, является важнейшей характеристикой светового режима, неодинаков в течение года. Длина дня небезразлична для живых организмов. Это нашло отражение при рассмотрении сезонной периодичности явлений в живой природе. Ритмические изменения морфологических, биохимических и физических свойств и функций организмов под влиянием чередования и длительности освещения получили название фотопериодизма.

Способность живых организмов реагировать на длину дня получила название фотопериодической реакции (ФПР). Фотопериодизм был открыт в 1920 году В. Гарнером и Н. Аллардом во время селекционной работы с табаком. Они обнаружили, что один из сортов, который цвел весной и осенью в теплице, не зацветает летом в открытом грунте. В связи с тем, что летние условия практически не отличались от тепличных, было сделано предположение, что цветению препятствует длинный летний день. Предположение подтвердилось, когда удалось получить цветение табака летом при искусственно укороченном дне. В дальнейшем установлено, что фотопериодическая реакция свойственна растениям разных таксономических групп и жизненных форм. Способность воспринимать длину дня и реагировать на нее широко распространена и в животном мире.

По типу фотопериодической реакции выделяют следующие основные группы растений:

1. Растения короткого дня. Зацветание и плодоношение наступает при 8-12-часовом освещении (например, конопля, табак, перилла).

2. Растения длинного дня. Для цветения им нужна продолжительность дня 12 и более часов (картофель, пшеница, шпинат).

3. Нейтральные к длине дня растения. Для них длина фотопериода безразлична. Цветение наступает при любой длине дня (кроме очень короткой, означающей для растений световое голодание). Таковы горчица, одуванчик, томат и др.

Каждому виду или сорту свойственен определенный критический фотопериод. Растения обладают способностью «измерять» его продолжительность с довольно большой точностью.

◆ Дайте определение фотопериодизма:

---

---

---

---

---

---

---

◆ Объясните, почему в городах листопадные деревья под уличными светильниками обмерзают чаще, чем те, которые ночью не освещены:

---

---

---

---

---

---

---



◆ Подчеркните названия местообитаний, в которых животные не имеют суточных ритмов (при условии, что они обитают только в пределах одной конкретной среды):

- а) озеро; б) река; в) воды пещер; г) поверхность почвы;
- д) дно океана на глубине 6000 метров; е) горы; ж) кишечник человека;
- з) лес; и) воздух; к) грунт на глубине 1,5 метра;
- л) дно реки на глубине 10 метров; м) кора живого дерева;
- н) почва на глубине 10 см.

Обоснуйте свой ответ: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

## 2. Феноклиматическая периодизация года

Феноклимат выражает временные соотношения между климатом данного региона и сезонными процессами биотических и абиотических компонентов ландшафта.

В системе Росгидромета фенологические наблюдения проводятся по единой методике. В задачу этих наблюдений входят:

- ◆ установление дат наступления фаз развития сельскохозяйственных культур, естественных и кормовых трав, плодовых и ягодных насаждений, древесных дикорастущих растений; особое внимание уделяется новым культурам и сортам;

- ◆ фиксирование дат проведения агротехнических работ на поле с наблюдаемой культурой;

- ◆ определение состояния сельскохозяйственных культур;

- ◆ определение прироста, элементов продуктивности структуры урожая;

- ◆ наблюдения за выпасом скота.

*Фенологические наблюдения* - активный метод познания природы, ее закономерностей. Фенологическая литература, в большинстве случаев имеет вид многочисленных календарей природы (сводок, обзоров, летописей природы). Эти сводки представляют собой перечень календарных дат, когда-то или иное фенологическое явление начиналось в прошедшие годы. Отдельно указываются средние, самые ранние и поздние даты. Такие сводки необходимы для составления различных прогнозов. Каждому фенологическому этапу свойственен свой фенологический аккорд. Ведущим фактором сезонной ритмики природы повсеместно выступает радиационный и зависящий от него термический режим

Феноклимат выражает временные соотношения между климатом данного региона и сезонными процессами биотических и абиотических компонентов ландшафта.

Форма проявления феноклимата - *сезонное развитие природы данной местности.*

Фенологическая периодизация года основана на последовательной смене сезонных процессов, характерных для отдельных этапов развития природы. Естественные сезоны природы не совпадают с календарными границами времен года. Фенология рассматривает сезоны года как обособленные этапы ритмики природы. Внутри сезонов выделяют характерные периоды, ограниченные рубежными явлениями.

**Весна** в Европейской части России продолжается 85 суток. Делится на четыре периода:

*снеготаяния* - с 18.03 по 15.04 и продолжается 29 суток;  
*оживление весны* - с 16.04 по 6.05 и продолжается 21 сутки;  
*разгар весны* - с 7.05 по 21.05 и продолжается 15 суток;  
*предлетье* - 22.05 по 10.06 и продолжается 20 суток.

Общая черта сезона - нарастание солнечного тепла, заметное прогревание земной поверхности и воздуха.

*Период снеготаяния* продолжается от первых проталин в поле до зацветания серой ольхи и орешника-лещины. В сол-

нечный полдень приземный воздух теплеет до нуля градусов и выше, а суточная температура переходит рубежный порог - минус 5 градусов. Начинается разрушение снежного покрова. Вокруг одиночных стволов показались глубокие воронки. У берез и кленов начинается «весенний плач» - сокодвижение. Отмечают прилет грачей, чаек, жаворонков, скворцов.

*Начало оживления весны* совпадает с зацветанием мать-и-мачехи, а конец - с облиствением березы и пылением вяза. Окончательно освобождаются ото льда водоемы, подсыхает почва. Все больше растений оживают: зазеленеют озими, показывается первая трава, выдвигает листья крыжовник. Пылят лещины и красные вербы, к концу сезона зацветают осины и ранние ивы. Наблюдается вылет шмелей, урчание травяной лягушки, а также прилет журавлей.

*Разгар весны* начинается от зеленения березы до зацветания рябины и сирени. Покрываются листьями деревья и кустарники, зацветают фруктовые сады. Срок выгона скота на пастбище. Зацветают одуванчик лекарственный, земляника, крыжовник, красная смородина, черника, черемуха, купальница европейская, вахта трехлистная, красный клевер, костяника. Запевают соловей.

*Предлетье.* Фенологический индикатор начала - зацветание рябины и сирени, конец знаменуется зацветанием местных видов шиповника. В начале предлетия полностью облиствляются деревья, отцветают сады, выметываются луговые злаки: мятлики, овсяницы, ежа, щучка. На озимом клине выколашивается рожь. В лесу проскочил первый слой белых грибов. На мокрых лугах и возле болот расцветает кубышка желтая и незабудка. На лугах и опушках расцветают колокольчик развесистый, нивяник обыкновенный, тысячелистник обыкновенный. Вылетают стрекозы, слепни.

**Лето** продолжается 76 суток. Русское лето начинается с установления наивысшего теплового режима. Распадается

на три периода:

*начало лета* с 11.06. по 6.07 и продолжается 26 суток;

*полное лето* с 7.07 по 27. 07 и продолжается 21 сутки;

*спад лета* - с 28.07 по 25.08 и продолжается 29 суток.

*Начало лета* отсчитывают с зацветания шиповника, малины. Возможна неустойчивая погода, с кратковременным возвратом холодов. Порой даже случаются заморозки. Выметываются и пылят злаки. В лесах поспевают земляника, из грибов попадают подберезовики и маслята. Цветет калина и жасмин (чубушник обыкновенный). Нерестится лещ. В полях цветет рожь. Одновременно с рожью на суходолах зацветают луговые злаки: овсяница красная, костер безостый, ежа сборная. Зацветают также василек синий, пырей ползучий и льнянка обыкновенная. Распускается кувшинка белая, валериана лекарственная, иван-чай узколистный, таволга вязолистная, колокольчик персиколистный. В лесах проскочил первый слой белых, подосиновиков, лисичек и сыроежек.

*Красное лето.* Наиболее теплое и благодатное время. В краснолетье температура обычно ровная. Уровень воды в реках опускается до самых низких отметок. В самом начале периода зацветает липа мелколистная. Слышатся последние песни соловья. Замолкает кукушка. Растительный покров достиг сезонного максимума биомассы. Зацвели пижма обыкновенная, цикорий. В сосняках появились рыжики. Поспевают лесная малина, черника, садовая земляника, красная и черная смородина, костяника. В садах снимают вишни. Зацветает вереск обыкновенный. Подсезон завершает восковая спелость ржи (через 15 суток после цветения липы). Появляется второй слой грибов.

*Спад лета.* Пора полного созревания ржи. Созрела брусника, пылят полынь обыкновенная и горькая, зацветает короставник полевой (сивец). Время позднего появления маслят. К концу подсезона сбиваются в стаи грачи и скворцы и кочуют по полям и огородам. Начинает раскрашиваться

листва березы бородавчатой и липы мелколистной.

**Осень** длится 93 суток. Начинается 26 августа и заканчивается 22 ноября. Фенологическая осень начинается с пожелтения листьев и заканчивается полным листопадом.

Сезон распадается на четыре периода:

*начало осени* - с 26.08 по 23.09. и продолжается 29 суток;

*золотая осень* - с 24.09 по 14. 10. И продолжается 21 сутки;

*глубокая осень* - с 15.10 по 23 10 и продолжается 8 суток;

*предзимье* - с 23.10 по 26.11 и продолжается 25 суток.

*Начало осени* настает с первых расцвеченных листьев березы, липы и вяза и продолжается до запестрения их листвы, когда количество раскрашенных и зеленых листьев в их кронах будет примерно одинаково. Доцветают последние травы: гвоздики, лесные вейники, золотая розга, ястребинки. В начале осени наблюдают появление опенка осеннего, летающей паутинки. Отмечают первые заморозки на почве. Созревают плоды ольхи, клена, липы, ясеня и дуба.

*Золотая осень* - пора самой яркой осенней раскраски листвы, ее валового отпада. По низинам плывут туманы. На юг потянулись стаи журавлей, отлетают грачи и скворцы. Временами сыплется снежная крупка. К концу октября оголены липы, клены и осины.

*Глубокая осень* длится с завершения листопада березы, вяза и осины до выпадения первого снега. Холодные утренники помечают свой приход пятнами инея. Пролетают на юг последние стаи уток, гусей и лебедей. Залегают на зимовье сурки, барсуки, ежи и медведи. Линяют зайцы и белки.

*Предзимье* - от первого выпавшего снега до ледостава и санного пути. Переходный период от осени к зиме. Температурный порог сезона - ноль градусов. В начале периода бывает возврат тепла, хотя безморозных ночей почти нет. Осимые посевы, закончив закалку, подготовились к перезимовке. Морозы чередуются с оттепелями, снег с дождем.

Погода неустойчивая до последних чисел ноября. Водоемы затягиваются молодым ледком.

**Зима** длится 111 дней. Начинается с 27 ноября и продолжается до 18 марта.

В этом сезоне выделяют три периода:

*первозимье* - с 27.11 по 22.12. и продолжается 25 суток;

*коренная зима* - с 22.12 по 18.03. и продолжается 55 суток;

*перелом зимы* - 18.03 по 15.04 и продолжается 29 суток.

*Первозимье* начинается с выпадения покровного снега, кончается в декабрьское солнцестояние. В первозимье - самое низкое положение солнца в годовом ходе. Пора глубокого покоя живой природы. Зимняя погода еще неустойчива.

*Коренная зима* длится до начала февраля, до протяжной песни синицы. Период стуж и крутых метелей. Деревья и кустарники перешли к периоду вынужденного покоя; черные вороны затевают брачные игры; в годы с урожаем еловых шишек у клестов выводятся птенцы.

Перелом зимы намечается с резким приростом светового дня. На южной стороне крыш звенит капель. У волков и лис - гон, период спаривания. Снег осел, поверху подернулся настом - твердой корочкой. Возле одиночных деревьев к югу раздались глубокие затайки.

Фенологическая литература, в большинстве случаев имеет вид многочисленных календарей природы (сводок, обзоров, летописей природы). Эти сводки представляют собой перечень календарных дат, когда-то или иное фенологическое явление начиналось в прошедшие годы. Отдельно указываются средние, самые ранние и поздние даты. Такие сводки необходимы для составления различных прогнозов.

### **3. Построение графика наступления фенологического явления**

**Задание:**

1. Используя материалы, приведенные в таблице 17 построить график наступления фенологического явления на

примере двух областей (по заданию преподавателя).

Таблица 17  
Календари природы Центральных областей Европейской части России (1966-1980 гг., МФГО СССР, 1982)

Название явления	Название областей							
	Ярославская	Ивановская	Нижегородская	Смоленская	Калужская	Орловская	Тамбовская	Белгородская
Первые проталины	17.03	26.03	31.03	16.03	5.03	9.03	16.03	6.03
Начало ледохода	15.04	4.04	4.04	4.04	27.03	30.03	28.03	18.03
Начало цветения лещины	19.04	19.04	13.04	22.04	14.04	19.04	4.04	20.04
Первые листья у березы	5.05	3.05	30.04	13.05	1.05	27.04	14.04	22.04
Начало цветения черемухи	17.05	14.05	12.05	20.05	10.05	8.05	25.04	2.05
Начало цветения липы	10.07	9.07	7.07	7.07	4.07	27.06	22.06	20.06
Конец листопада у березы	17.10	17.10	18.10	18.10	19.10	25.10	15.10	27.10
Первый снег	21.10	14.10	15.10	26.10	18.10	7.11	15.10	1.11
Образование устойчивого снежного покрова	15.11	26.11	15.11	1.12	18.11	28.11	27.11	11.12

Ледостав на реке	20.11	1.12	.	12.12	18.11	23.11	.	1.12
------------------	-------	------	---	-------	-------	-------	---	------

### График наступления фенологического явления

Месяцы	Декады	Первые проталыны	Начало ледохода	Начало цветения черемухи	Первые листья у березы	Начало цветения липы	Конец листопада у березы	Первый снег	Образование снежного покрова	Ледостав на реке
декабрь	3									
	2									
	1									
ноябрь	3									
	2									
	1									
октябрь	3									
	2									
	1									
сентябрь	3									
	2									
	1									
август	3									
	2									
	1									
июль	3									
	2									
	1									
июнь	3									
	2									
	1									
май	3									
	2									
	1									
апрель	3									
	2									
	1									
мар	3									
	2									



	1									
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2. Изучить влияние географического положения областей на сроки наступления фенологических явлений.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

#### 4. Расчёт сроков наступления сезонных явлений

Закономерности сезонного развития природы изучаются особой прикладной отраслью экологии - *фенологией* (с греч. - наукой о явлениях). По биоклиматическому закону Хопкинса, на территории Европы сроки наступления различных сезонных явления (фенодат) различаются в среднем на 3 дня на каждый градус широты, на каждые 5 градусов долготы и на 120 м высоты над уровнем моря или, чем севернее, восточнее и выше местность, тем позднее наступает весна и раньше осень. Фенологические даты также зависят от местных условий - рельефа, экспозиции, удаленности от моря и т.д. Соединяя на карте точки с одинаковыми фенодатами получают изолинии, которые отражают фронт продвижения весны и наступления очередных сезонных явлений.

**Задание.** Используя закон Хопкинса для территории Европы, физическую карту России и таблицу 18 рассчитать сроки наступления конкретного явления.

Полученные результаты представить на карте в виде фронта наступления данного сезонного явления.

Таблица 18

Расчёт сроков наступления сезонного явления

Город	Координаты	Фенодаты
Архангельск		
Астрахань		
Брянск		
Владимир		
Великий Новгород		
Волгоград		
Воронеж		
Воркута		
Ижевск		
Казань		
Киров		
Курск		
Краснодар		
Москва		
Мурманск		
Нижний Новгород		
Оренбург		
Псков		
Ростов на Дону		
Санкт-Петербург		
Самара		
Смоленск		
Сыктывкар		
Тула		
Уфа		

---

---

---

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Влияние космических ритмов на биосферу Земли.
2. Ритмы, обусловленные вращением Земли вокруг Солнца.
3. Адаптация живых организмов к сменам времен года.
4. Использование природных ритмов в хозяйственной деятельности человека.
5. Использование закона Хопкинса для установления сроков наступления сезонного явления.
6. Физиологические ритмы живых организмов.
7. Общие закономерности наступления фенологических явлений.
8. Цветочный календарь.
9. Взаимосвязь физиологических ритмов человека с его производственной деятельностью.
10. Влияние солнечной активности на общественное поведение людей.
11. Биологические часы и фотопериодизм.

## **ЗАНЯТИЕ 7**

### **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

1. Классификация загрязнений окружающей природной среды.
2. Нормирование качества окружающей природной среды.
3. Влияние солей металлов на коагуляцию белков.

**Цель работы.** Изучить основные типы загрязнения экологических систем. Ознакомиться с существующими критериями оценки состояния окружающей среды. Срав-

нить влияние различных концентраций солей на коагуляцию белков.

## 1. Классификация загрязнений окружающей природной среды

**Загрязнение** - это поступление в среду или возникновение в ней новых не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических компонентов, или превышение в рассматриваемое время их естественного среднесуточного уровня концентрации в среде.

Основные типы загрязнения экологических систем приведены на рисунке 8.

Приведите примеры каждого из типов загрязнения и укажите способы снижения вредного воздействия.

	Вид загрязнения	Источник загрязнения	Способы снижения вредного воздействия
Ингредиентное			
Параметрическое			
Биоценоотическое			
Ландшафтное			

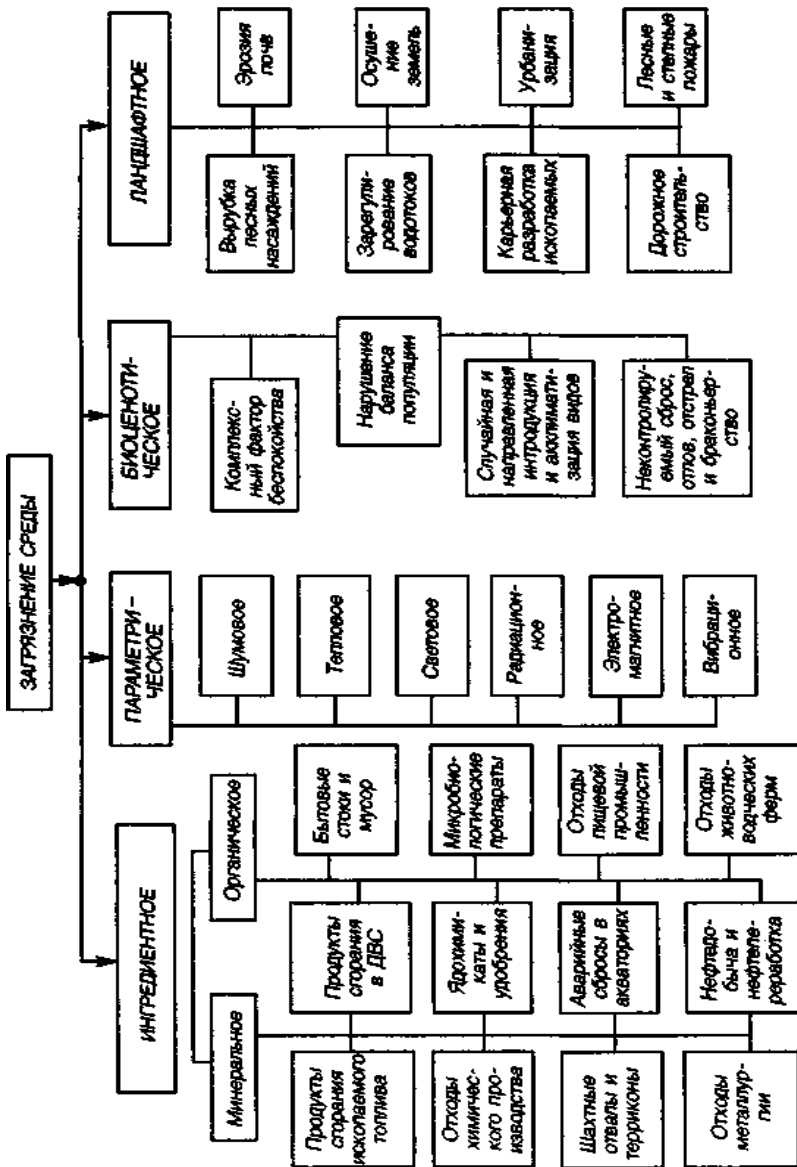



Рис. 8. Виды загрязнений окружающей среды

## 2. Нормирование качества окружающей природной среды

Экологическое нормирование антропогенного воздействия на окружающую среду представляет собой одну из самых важных экологических задач. Экологическое нормирование призвано ограничить антропогенные воздействия экологическими возможностями живых систем, и нацелено на оптимизацию взаимодействия человека с природой.

Экологическое нормирование предусматривает:

- учет множественности путей загрязнения и самоочищения элементов биосферы при оценке последствий антропогенного воздействия;
- выявление наиболее чувствительных к антропогенному воздействию, «критических» компонентов биосферы;
- развитие научного подхода к нормированию антропогенных воздействий с учетом их влияния на природные экосистемы.

Основным критерием при определении допустимой экологической нагрузки является отсутствие снижения продуктивности, стабильность и разнообразие экосистем.

При нормировании антропогенных воздействий большое значение имеют приоритетные факторы (загрязнители окружающей среды).

Для предупреждения негативного воздействия загрязняющих веществ на компоненты экосистем в настоящее время применяются следующие показатели.

**Летальная доза (ЛД<sub>50</sub> и ЛД<sub>100</sub>).** Опасность химического вещества характеризуют величиной зоны острого токсического действия: (ЛД<sub>50</sub> и ЛД<sub>100</sub>) - количество токсиканта, вызывающее гибель 50% подопытных животных), чем больше эта величина, тем безопаснее данное вещество (рис. 9).

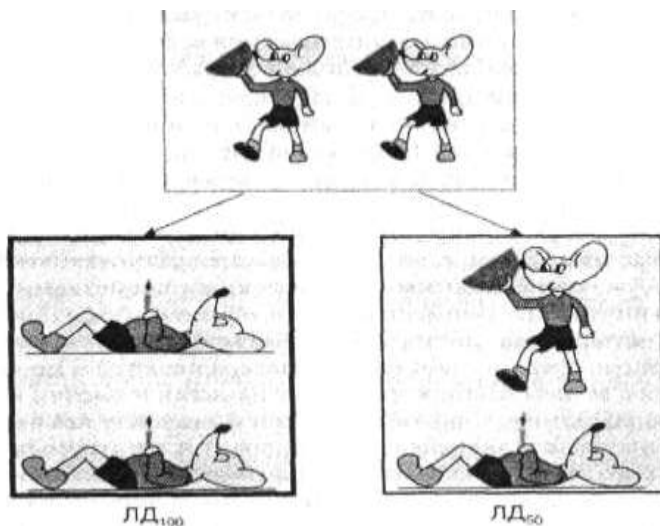


Рис. 9. Качественная иллюстрация меры токсичности веществ: летальная доза ( $LD_{100}$ ), полулетальная доза ( $LD_{50}$ )

Суть этих характеристик: либо все, либо половина животных погибает от полученной ими дозы токсина. Дозу определяют обычно в весовом количестве токсина на 1 кг живого веса объекта.

Эта доза вводится в подопытный организм чаще всего с пищей или водой. Токсичными считаются все те вещества, у которых ЛД мала. Так, у классических ядов — цианистого калия и стрихнина  $LD_{100}$  составляет 10 и 0,5 мг/кг. Намного меньше ЛД у боевых отравляющих веществ, у некоторых природных токсинов растительного происхождения:  $2 \cdot 10^{-4}$  мг/кг у майтотоксина,  $5 \cdot 10^{-4}$  мг/кг у палитоксина, вырабатываемых микроводорослями, некоторыми типами кораллов. Все приведенные цифры характеризуют ударную летальную дозу — введенную в организм одновременно.

ПДК является наиболее распространенным показателем оценки состояния объектов окружающей природной среды. Значение ПДК устанавливается органами здравоохранения.



В основе установления ПДК лежат известные экологические законы: закон Либиха (минимума) и закон Шелфорда (толерантности).

Суть первого состоит в том, что веществом, присутствующим в недостатке (в минимуме) по сравнению с потребностями живого организма (например, растения), определяется жизнеспособность и продуктивность этого организма.

Суть закона толерантности состоит в том, что состояние организма зависит не только от вещества, присутствующего в недостатке, но и от вещества, присутствующего в избытке по отношению к потребностям организма. Это значит, что любой организм, в том числе и человеческий, имеет как верхний, так и нижний пределы выносливости (толерантности) по отношению к физическому или химическому фактору. Загрязняющие вещества (в большинстве случаев ксенобиотики) - это обычные экологические факторы, и экологические законы распространяются на их действие. Поэтому же пороговые значения экологического фактора, при которых в организме еще не может произойти никаких необратимых патологических изменений, принимаются в качестве ПДК.

Общепринято, что ПДК ксенобиотика должна быть безвредной для человека (популяции) при длительном употреблении продукта, его содержащего, не должна ухудшать органолептических свойств продукта и его питательную ценность, превышать концентрации, требуемые по технологическому регламенту.

ПДК - это интегральный показатель опасности химического вещества, выражаемый в миллиграммах на 1 кг или в миллилитрах на 1 л продукта.

Базисными величинами, используемыми для расчета ПДК, являются допустимая суточная доза (ДСД) и допустимое суточное поступление (ДСП) ксенобиотика.

ДСД - это максимальное количество ксенобиотика (в миллиграммах на 1 кг массы тела), ежедневное пероральное потребление которого на протяжении всей жизни человека безвредно, т.е. не оказывает неблагоприятного влияния на жизнедеятельность и здоровье настоящего и будущего поколений.

Умножая ДСД на массу тела человека, определяют ДСП (в миллиграммах в сутки) в составе пищевого рациона, в который входят суточный набор продуктов и вода (питьевая и в составе готовых блюд). Зная ДСД, ДСП и средний набор пищевых продуктов в суточном рационе, рассчитывают ПДК ксенобиотика в тех продуктах, в которых он может находиться.

Обоснование ДСД, ДСП, ПДК ксенобиотиков в пищевых продуктах проводится в ходе исследований по схеме (рис. 10), весьма трудоемкой и дорогостоящей.

Как видно из схемы, первый этап - подготовительный, заключающийся в предварительной токсиколого-гигиенической оценке нормируемого токсического вещества.

*Первичную* токсикологическую характеристику ксенобиотика получают с помощью острого эксперимента на двух-трех видах модельных животных, определяют ЛД<sub>50</sub> (среднелетальную дозу), и затем с помощью расчетов устанавливают ориентировочную пороговую или подпороговую дозу вещества в хроническом эксперименте.

*Второй этап* - основной, в ходе хронического эксперимента определяют пороговую и максимально недействующую дозу изучаемого вещества по общетоксическому действию.

*На третьем этапе* работы обобщают результаты исследований и обосновывают ДСД и ПДК ксенобиотика в пищевых продуктах.

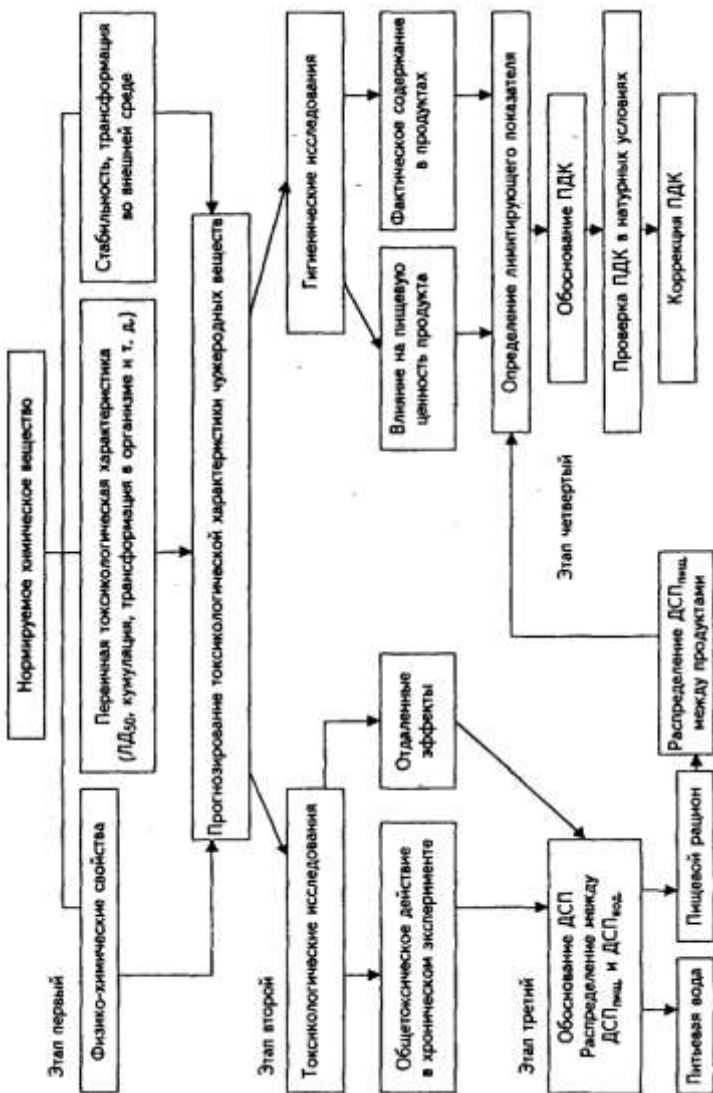


Рис. 10. Схема гигиенических исследований по регламентированию ДСД и ПДК чужеродных веществ в продуктах питания (Курляндский Б.А., Шитиков В.К., Тихонов В.Н., 1986)

*Четвертый этап* - наблюдения для подтверждения безопасности использования ПДК, и, если требуется, внесение поправок в гигиенические нормативы. Исследуется фактическое содержание ксенобиотика в продуктах и при наличии показаний - носительство его человеком

При использовании критерия ПДК для оценки качества продукции он отражает конечный результат уже полученной продукции. ПДК выступает опосредованным показателем антропогенного воздействия на экосистемы. Он практически не принимает во внимание структуру и состояние экосистем, особенностей технологии воздействия человека на них. ПДК загрязняющего вещества в продукции не учитывает степень воздействия его на другие компоненты экосистемы, тогда как необходимо экологическое нормирование не только нежелательных веществ в продукции, но и тех причин, которые вызывают их накопление по всей технологической цепочке сельскохозяйственного производства.

В использовании критерия ПДК существует целый ряд ограничений:

- определяется порогом влияния на здоровье человека, не имеющим никакого отношения к порогу устойчивости биоты;
- оценка может быть только предварительной, поскольку не учитывает отклик экосистем на загрязнение в зависимости от свойств почв;
- не отражает уровня техногенного загрязнения и его действия на агроэкосистему, поскольку не учитывает буферные свойства почв.

Оценка степени загрязнения ландшафта по одному из его компонентов не дает объективной картины его геохимического состояния, т.к. коэффициенты техногенной концентрации для разных элементов ландшафта могут различаться на порядок;

величина самоочищающей способности почв в пределах региона может варьировать в десятки раз.

При установлении ограничений на потребление загрязненной продукции необходимо учитывать:

- - содержание загрязнителя и период его полураспада;
- - количество потребляемой загрязненной продукции;
- - нагрузку поступления загрязнителя в организм человека;
- - кумулятивный эффект;
- - возраст и пол человека;
- - химический состав рациона.

В основе критерия оценки качества продукции должна лежать "нагрузка" (допустимая суточная доза-ДСД) загрязняющего вещества на организм теплокровных, которая должна меняться в зависимости от возраста особи, пола, состава рациона и особенностей региона проживания, т.е. должны быть строго региональной.

В разных странах действуют свои национальные системы ПДК. Системы ПДК периодически пересматриваются.

Существуют также ускоренные и экспресс-методы нормирования, которые основаны на корреляционной зависимости между порогом хронического действия ксенобиотика и его химической структурой, физико-химическими или токсическими свойствами, определяемыми в остром или кратковременном эксперименте. Нормативы, полученные с помощью ускоренных и расчетных экспресс-методов, называются ориентировочными безопасными уровнями воздействия вредного вещества (ОБУВ). Срок действия, ОБУВ - 2 - 3 года, в течение этого периода разрабатывается ПДК по обычной методике

Биоиндикаторы. Степень загрязнения окружающей среды необходимо оценивать по наиболее чувствительным объектам биоты, а не по человеку, поскольку он стоит на более высоком уровне пищевой цепи. Используя целый ряд биохимических показателей и морфологических признаков, можно дать адекватную оценку степени загрязнения окру-

жающей среды. Биоиндикаторы обладают целым рядом преимуществ:

- реагируют даже на относительно слабые нагрузки;
- суммируют действие всех без исключения биологически активных антропогенных факторов в окружающей среде;
- не исключают необходимость регистрации химических и физических параметров, характеризующих состояние окружающей среды;
- указывают места скопления в экосистемах различного рода загрязнений и возможные пути попадания веществ в пищу теплокровных;
- позволяют судить о вредности загрязняющих веществ для живой природы и человека.

### **Контрольные вопросы:**

1. Антропогенные изменения природной среды и техногенная миграция загрязнителей.
2. Действие токсикантов на человека и теплокровных животных.
3. Качество атмосферного воздуха: нормативы качества.
4. Модели поведения токсикантов в агроэкосистемах.
5. Нормирование качества воды: критерии качества.
6. Основные направления по предотвращению загрязнения сельскохозяйственной продукции.
7. Понятие о фоновом, региональном и локальном загрязнении.
8. Понятие ПДК и фоновый уровень. Их использование.
9. Природные процессы загрязнения воды.
10. Причины загрязнения природной среды минеральными удобрениями и химическими средствами защиты растений.
11. Промышленные загрязнения: органические и неорганические токсины.

## ЗАНЯТИЕ 8

### ПРОИЗВОДСТВО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- 1. Понятие качества продукции.**
- 2. Основные виды токсикантов, содержащиеся в пищевых продуктах.**
- 3. Содержание нитратов в растениях.**
- 4. Ионметрический метод определения нитратов.**

**Цель работы.** Оценка качества сельскохозяйственной продукции в условиях техногенеза. Основные виды токсикантов, содержащиеся в пищевых продуктах и их распределение в сельскохозяйственных культурах. Определение нитратов в продукции растениеводства.

#### **1. Понятие качества продукции**

В процессе взаимодействия с природой человечество постоянно решало первейшую задачу жизнеобеспечения — производство продуктов питания (единственного источника получения человеком энергии).

Качество и пищевая ценность готовой продукции промышленного производства гарантируются соблюдением требований государственных стандартов и технических условий, которые в установленном порядке согласовываются с Государственным санитарным надзором.

Пищевая ценность отдельных видов и групп продовольственного сырья и пищевых продуктов определяется в основном преимущественным содержанием в каждом из них конкретных пищевых веществ и энергетической ценностью.

Жизнь требует постоянного обмена веществ в организме. Поступление в организм химических элементов способствуют питание и потребляемая вода. В соответствии с ре-

комендацией диетологов ежедневное поступление химических элементов с пищей должно находиться на определенном уровне (табл. 19).

Таблица 19

Суточное поступление химических элементов  
в организм человека

Химический элемент	Суточное поступление, мг		Химический элемент	Суточное поступление, мг	
	взрослые	дети		взрослые	дети
K	2000-5500	530	Mn	2,0-5,0	1,3
Na	1100-3300	260	Cu	1,5-3,0	1,0
Ca	800-1200	420	Mo	0,075-0,250	0,06
Mg	300-400	60	Cr	0,05	0,04
Zn	15	5	Co	0,2 (вит. B <sub>12</sub> )	0,001
Fe	10-15	7,0	Cl	3200	470
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	800-1200	210	Se	0,05-0,07	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10	-	F	1,5-4,0	0,6
J	0,15	0,07			

Столько же химических элементов должно ежесуточно выводиться их организма, поскольку их содержания находятся в относительном постоянстве. Поступления микроэлементов, тяжелых металлов и различных химических соединений в организм вместе с пищей и водой могут вызвать отравления и различные нарушения в организме человека, имеющие иногда весьма отдаленные последствия (рис. 11).

Под экологически безопасной сельскохозяйственной продукцией понимают такую продукцию, которая в течение принятого для различных ее видов «жизненного цикла» (производство — переработка — потребление) соответству-



ет установленным органолептическим, общегигиеническим, технологическим и токсикологическим нормативам и не оказывает негативного влияния на здоровье человека, животных и состояние окружающей среды.

Проблему получения качественного продовольствия можно решить на основе экологизации сложившихся или вновь создаваемых систем ведения сельского хозяйства.

В основе критерия оценки качества продукции должна лежать "нагрузка" (суточная норма потребления) загрязняющего вещества на организм теплокровных, которая должна меняться в зависимости от возраста особи, пола, состава рациона и особенностей региона проживания, т.е. должны быть строго региональной.

## **2. Основные виды токсикантов, содержащиеся в пищевых продуктах**

Неблагоприятное действие ксенобиотиков связано с миграцией химических веществ по одной или нескольким экологическим цепям (рис. 12).

Различные опасности, связанные с пищевыми продуктами, можно сгруппировать в три группы от максимального до минимального риска:

1. опасности микробного происхождения (патогенные и токсигенные агенты заболеваний, грибковые метаболиты,
2. опасности питательных веществ (недостаток и избыток элементов питания),
3. опасности, связанные с загрязнением из внешней среды:
  - опасности естественного происхождения (оксалаты, гликоалкалоиды, цианогеновые гликозиды, гемагглютины),
  - промышленные загрязнения (полихлордифенилы, диоксины и живые организмы, бенз(а)пирены, пестициды, тяжелые металлы, нитраты, нитриты, нитрозамины).

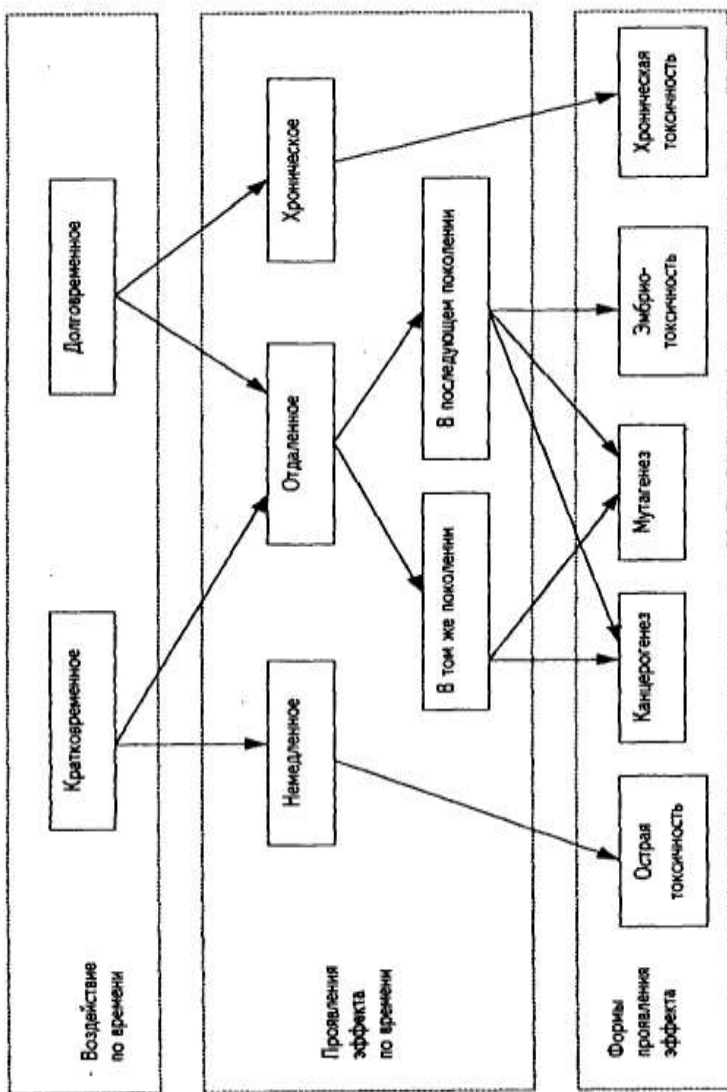


Рис. 11. Классификация токсичных веществ по времени воздействия на биологические объекты и по форме проявления эффекта (Оксенгендлер Г.И., 1991)

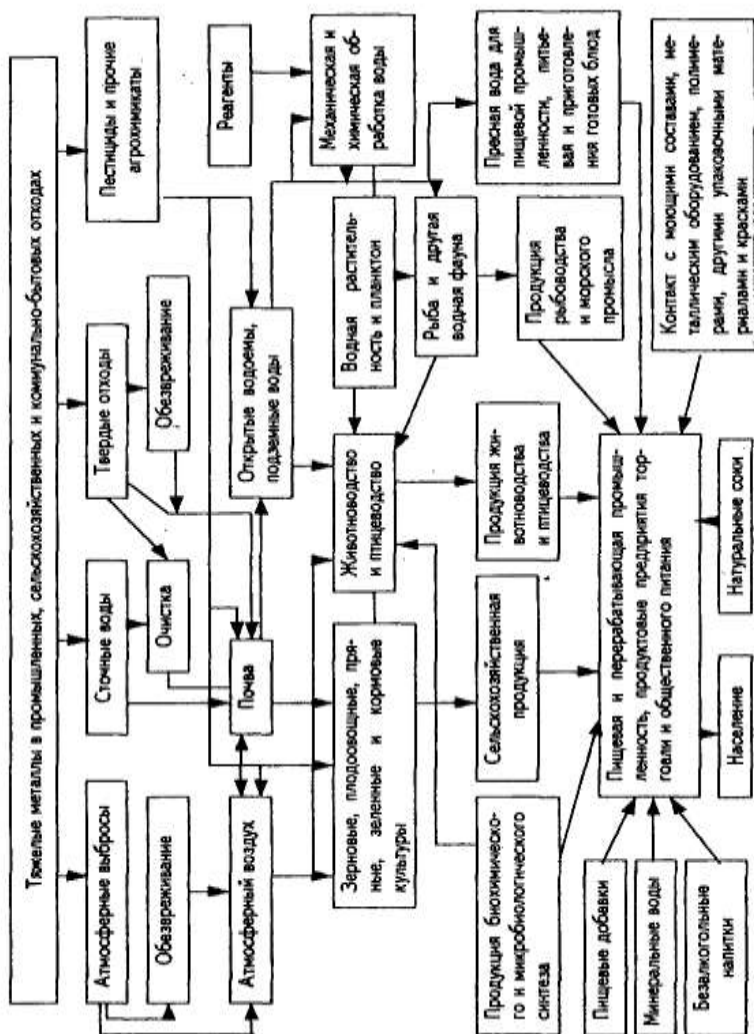


Рис. 12. Схема загрязнения вредными химическими веществами окружающей и внутренней сред, сырья растительного и животного происхождения, а также готовой пищевой продукции.

### 3. Содержание нитратов в растениях

Нитраты - неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. Нитраты присутствуют в растениях, растущих в различных природных условиях (табл. 20).

Таблица 20

Нитратный азот в лекарственных растениях, мг/100 г  
возд.-сух. массы (П.Ф. Тиво, Л.А. Саскевич, 1990)

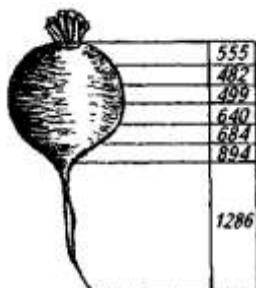
Вид растения	мг/100 г	Вид растения	мг/100 г
Аир обыкновенный	4,0	Душица обыкновенная	28,20
Багульник болотный	5,98	Зверобой продырявленный	8,86
Бессмертник песчаный	21,40	Крапива двудомная	264,15
Брусника обыкновенная	11,7	Мята перечная	87,10
Вахта трехлистая	13,2	Подорожник большой	109,0
Вереск обыкновенный	8,90	Чабрец обыкновенный	41,10
Девясил высокий	22,90	Черника: ягода, сырое вещество	0,52

В связи с применением азотных удобрений, поступление неорганических соединений азота в растения возрастает. Избыточное потребление азота удобрений ведет к аккумуляции

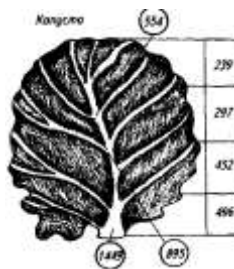
муляции нитратов в растениях. Накопление нитратов в растениях может происходить не только от переизбытка азотных удобрений, но и при снижении у ряда растений активности фермента нитратредуктазы. Наблюдается четкое различие видов и сортов растений по накоплению и содержанию нитратов. Существуют виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее, наименьшее - в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. И между отдельными сортами существуют в этом отношении сильные различия. Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними.

Наибольшее количество нитратов содержится в сокущих и проводящих органах растений - корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. А в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2-3 раза больше, чем в листовой пластинке (рис. 13). У кабачков, огурцов и т.п. плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

Свекла



Капуста



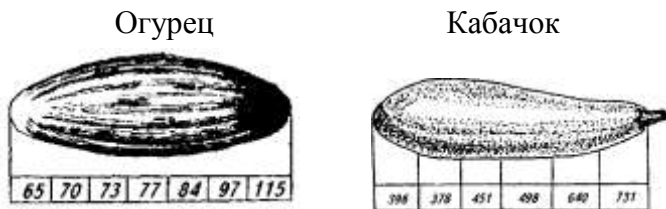


Рис. 13. Распределение нитратов в растениях  
(В.А. Черников, 2000г, мг/кг сырой массы)

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинией. При этом заболевании ион  $\text{NO}_3^-$  взаимодействует с гемоглобином крови, а образовавшийся в результате этого метгемоглобин не способен переносить кислород и человек испытывает кислородную недостаточность. В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозоамины - сильные канцерогенные яды.

В среднем на 20% уменьшается содержание нитратов в процессе кулинарной обработки продуктов (вымачивание, кипячение, удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов). Другие виды приготовления овощей – квашение, посол, маринование – также снижают содержание нитратов.

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по  $\text{NO}_3^-$ ) в сутки на 1 кг массы взрослого человека. В настоящее время известно, что примерно 50-80% поступивших нитратов выводится из организма с мочой за 4-12 часов.

В целях контроля за безопасностью продуктов питания в нашей стране разработаны и введены ПДК\* для 16 видов овощей и фруктов (табл. 21).

Таблица 21

Предельно допустимое содержание нитратного азота  
в плодах и овощах

Наименование	ПДК, мг/кг	Наименование	ПДК, мг/кг
Капуста белокочанная ранняя (до 1.09)	900	Свекла столовая	1400
Капуста белокочанная поздняя	500	Лук репчатый	80
Морковь ранняя	400	Лук перо	600
Морковь поздняя	250	Лук перо закрытого грунта	800
Томаты открытого грунта	150	Арбузы, виноград, яблоки, груши	60
Томаты закрытого грунта	300	Кабачки	400
Огурцы	150	Перец сладкий	200
Огурцы парниковые и тепличные	400	Перец сладкий закрытого грунта	400
Листовые овощи	2000	Дыни	90
Листовые овощи закрытого грунта	3000	Продукты детского питания	50

\* Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДКпр) - это концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

## **Контрольные вопросы:**

1. Качество продуктов питания и здоровье человека.
2. Классификация токсичных веществ по времени воздействия на биологические объекты и по форме проявления эффекта.
3. Медико-биологические аспекты качества сельскохозяйственной продукции.
4. Модели поведения токсикантов в агроэкосистемах.
5. Основные виды токсикантов, содержащиеся в пищевых продуктах: нитраты, радиоактивные элементы, микотоксины.
6. Основные виды токсикантов, содержащиеся в пищевых продуктах: тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов.
7. Основные направления по предотвращению загрязнения сельскохозяйственной продукции.
8. Основные факторы, влияющие на поведение токсикантов в системе почва - растение - животное - человек.
9. Понятие качества продукции. Сущность и понятия «экологически безопасная продукция».
10. Причины загрязнения природной среды минеральными удобрениями и химическими средствами защиты растений.
11. Причины ухудшения качества продуктов питания.



## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

### **ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ ЦИТОПЛАЗМЫ КЛЕТОК РАЗНЫХ РАСТЕНИЙ**

- 1. Порядок работы на микроскопе МИКМЕД-1**
- 2. Определение устойчивости растений к температуре**

**Цель работы** – установить устойчивость некоторых растений по коагуляции белка цитоплазмы (по П.А. Генкелю, 1975).

Клетки разных растений имеют неодинаковую устойчивость к повышенным температурам. Температура, при которой в течение 10 мин полностью коагулируют белки цитоплазмы, считается условной границей жаростойкости растений. Гибель клеток устанавливается по потере ими способности плазмолизировать.

#### **1. Порядок работы на микроскопе МИКМЕД-1. Устройство микроскопа**

Внешний вид микроскопа МИКМЕД-1 представлен на рис. 14.

Работа при естественном освещении. Микроскоп располагается штативом к наблюдателю, а освобождением, имеющимся в корпусе стола, к окну. Свет от окна, проходя через освобождение, падает на осветительное зеркало (или матовую пластину) и, отразившись от него, подсвечивает предмет снизу. Установить и закрепить объект на предметном столике.

**Настройка освещения в микроскопе с зеркалом.** Ввести в ход лучей объектив меньшего увеличения (10 и менее) и откидную линзу конденсора.

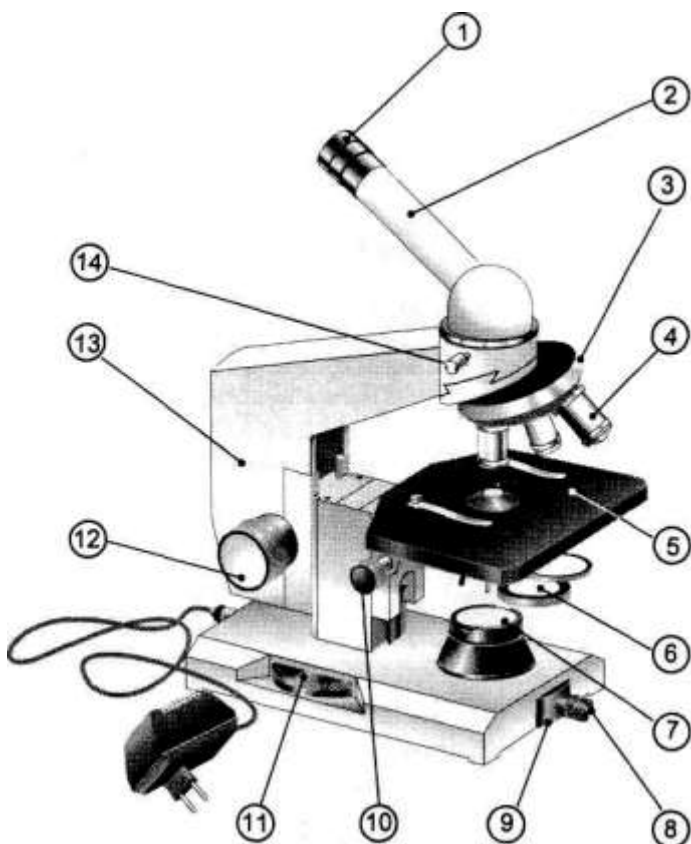


Рис. 14 - Микроскоп с монокулярной насадкой, встроенным в основание осветителем с галогенной лампой 6 В, 6 Вт и совмещенным с сетевой вилкой источником питания 1-окуляр; 2-монокулярная насадка; 3-револьверное устройство; 4-объектив; 5- предметный столик; 6-конденсор; 7-корпус коллекторной линзы; 8-патрон с лампой; 9-шарнир; 10-рукоятка перемещения кронштейна конденсора; 11-рукоятка тонкой фокусировки; 12-рукоятка грубой фокусировки; 13-тубусодержатель; 14-винт для крепления насадки.

Поднять рукояткой 4 кронштейн с конденсором до упора и полностью раскрыть апертурную диафрагму конденсора.

Повернуть зеркало плоской стороной к окну или другому источнику света. Следует избегать положения, при котором прямые солнечные лучи попадают в микроскоп и создают излишне яркое, ослепляющее освещение. Яркий боковой свет также мешает наблюдениям, особенно при работе с сильными окулярами.

Сфокусировать микроскоп на резкое изображение препарата, расположенного на предметном столике.

При работе с объективами увеличением более 10 откидная линза конденсора должна быть выведена из хода лучей. Вставить окуляр.

При необходимости, для уменьшения яркости освещаемого поля или изменения контраста объекта в откидную рамку конденсора можно установить светофильтр.

**Выбор объективов.** Наблюдение объекта следует начинать с объективом и окуляром меньшего увеличения из комплекта микроскопа. С каждым объективом можно применять любой окуляр из комплекта. При работе с объективами увеличением 10 и менее ввести в ход лучей откидную линзу конденсора (в конденсоре ОИ-14 установить линзу А 0,3).

С объективом меньшего увеличения привести изображение выбранного участка объекта в центр видимого поля зрения микроскопа, затем перейти к работе с объективами большего увеличения, в том числе и иммерсионными.

**Определение общего увеличения микроскопа.** Общее увеличение микроскопа - это произведение увеличений объектива, окуляра и насадки.

Например: объектив 40 x 0,65; окуляр К10V18; насадка увеличением 1,5; общее увеличение микроскопа - 600 (40 x 10 x 1,5).

## **2. Определение устойчивости растений к температуре**

**Оборудование, реактивы, материалы:** Микроскоп МИКМЕД-1; 2) стаканы химические большие (6 шт.); 3) пробирки (5 шт.); 4) большая колба; 5) электроплитка; 6)

термометр; 7) острая бритва; 8) препаровальная игла; 9) кисточка; 10) предметные и покровные стекла; 11) кусочки фильтровальной бумаги; 12) карандаш по стеклу; 13) 1М раствор сахарозы; 14) 0,02%-ный раствор (нейтрального красного»; 15) свежие листья разных растений.

### **Ход работы**

- Острой бритвой приготовить по 12 срезов эпидермиса листьев разных растений,
- Поместить по два среза в пробирки, в которые налито небольшое количество водопроводной воды.
- Нагреть в большой колбе воду.
- Смешивая горячую воду с холодной, приготовить в шести химических стаканах водяные бани с температурой 48, 50, 52, 54, 56 и 58°C.
- Надеть на пробирку поясok из бумаги, где записать температуру.
- Погрузить одновременно в водяные бани пробирки со срезами, поддерживая установленную температуру путем осторожного подливания в стаканы горячей воды.
- Через 10 мин извлечь срезы кисточкой из пробирок, перенести на предметные стекла, снабженные надписями.
- Если клетки не содержат пигмента, следует их окрасить, выдержав в растворе «нейтрального красного» в течение 10-15 мин, затем отсосать раствор краски фильтровальной бумагой, нанести на срезы по капле 1М раствора сахарозы, закрыть покровными стеклами и через 15-20 мин рассмотреть в микроскоп.
- Обозначить знаком «+» плазмолиз у клеток и знаком «-» его отсутствие. Наличие плазмолиза показывает, что клетки живые, отсутствие - мертвые.

## Запись результатов

Название растения	Температура, С <sup>0</sup>					
	48	50	52	54	56	58

Построить ряд устойчивости разных растений по температурному порогу коагуляции цитоплазмы

---

---

---

---

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 2

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ, ТЕРРИТОРИИ, ПОПУЛЯЦИИ И ОСОБИ ПО КОМПЛЕКСУ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

1. Биомониторинг гомеостаза живых организмов.
2. Получение данных и статистическая обработка.
3. Пример оценки стабильности развития березы повислой.
4. Оценка состояния популяции (экосистемы, территории) по стабильности развития березы повислой.

**Цель работы.** Оценка состояния окружающей среды по изменению морфологических признаков у растений.

### **1. Биомониторинг гомеостаза живых организмов**

Стабильность развития как способность организма к развитию без нарушений и ошибок является чувствительным индикатором состояния природных популяций.

В нормальных условиях организм реагирует на воздействие среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов. Эти механизмы поддерживают оптимальное протекание процессов развития. Под воздействием неблагоприятных условий эти механизмы могут быть нарушены, что приводит к изменению развития.

Прежде всего, уровень гомеостаза развития может быть оценен с морфологической точки зрения. Основным подходом при оценке морфологических изменений, вследствие нарушений гомеостаза развития, является морфогенетический.

Наиболее простым и доступным для широкого использования способом оценки стабильности развития является определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков.

Изменение стабильности развития, как общей характеристики состояния организма, обычно отражается на изменчивости самых разных признаков организма. Это означает, что принципиальных ограничений на используемые признаки нет. Можно использовать качественные и количественные признаки, включая меристические (счетные) и пластические (промеры) признаки. Особенностью показателей стабильности развития является то, что они, как правило, независимы даже по высоко скоррелированным между собой признакам одной морфологической структуры. Основным требованием при выборе признаков является возможность однозначного их учета.

Главным критерием выбора признаков является возможность получения сходных результатов при повторном учете признаков тем же или другим оператором. Для получения надежных результатов лучше использовать систему признаков.

## **2. Получение данных и статистическая обработка**

Оценка стабильности развития по каждому признаку сводится к оценке асимметрии. На практике это означает учет различий в значениях признака слева и справа.

Для меристического признака величина асимметрии у каждой особи определяется по различию числа структур слева и справа.

Популяционная оценка выражается средней арифметической этой величины. Статистическая значимость различий между выборками определяется по t-критерию Стьюдента.

Для пластического признака величина асимметрии у особи рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах.

Использование такой относительной величины необходимо для того, чтобы нивелировать зависимость величины асимметрии от величины самого признака. Популяционная оценка выражается средней арифметической этой величины. Статистическая значимость различий между выборками определяется по t-критерию Стьюдента.

При анализе комплекса морфологических признаков лучше использовать интегральные показатели стабильности развития. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса меристических признаков является средняя частота асимметричного проявления на признак.

Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая числа асимметричных признаков у каждой особи, отнесенная к числу используемых признаков. В данном случае не учитывается величина различия между сторонами, а лишь сам факт асимметрии, несходства значений признака на раз-

ных сторонах тела. За счет этого устраняется возможное влияние отдельных сильно уклоняющихся вариантов.

Интегральным показателем стабильности развития для комплекса пластических признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак.

Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенная к числу используемых признаков. Система пластических признаков используется при оценке стабильности развития у растений.

### 3. Пример оценки стабильности развития березы повислой

В таблице 23 дан пример расчета средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

Таблица 23

Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием пластических признаков (промеры листа)

№ особи	Номер признака*									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	16	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

\* Описание признаков на рис. 15.



1. В первом действии для каждого промеренного листа вычисляются относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого разность между промерами слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же промеров:

$$(L-R)/(L+R),$$

Например: Лист N1 (таблица 2), признак 1.

$$(L-R)/(L+R) = (18-20)/(18+20) = 2/38 = 0,052$$

Полученные величины заносятся во вспомогательную таблицу 3 в графы 2-6.

2. Во втором действии вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков.

Например, для листа 1 (табл. 23):

Таблица 23

Вспомогательная таблица для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке

№	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
Величина асимметрии в выборке:						X=0,042

$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5=0,022$$

Результаты вычислений заносят в графу 7 вспомогательной таблицы.

3. В третьем действии вычисляется интегральный показатель стабильности развития - величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа. В нашем случае искомая величина равна:

$$(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012) /10=0,042$$

Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (частота асимметричного проявления на признак, величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определяется по t- критерию Стьюдента.

Эти показатели дают интегральную характеристику стабильности развития по комплексу нескоррелированных параметров по разным признакам.

Расчет показателей на признак дает возможность для сравнения результатов, получаемых по разному числу признаков.

При сравнении выборок может быть зафиксировано определенное различие и оценена его статистическая значимость. Такая оценка особенно важна для сравнения различных территорий и видов. При получении данных по различным природным популяциям возможна разработка балльной шкалы для оценки степени отклонения от нормы (табл. 24).

Таблица 24

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula*)

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,040
II	0,040 - 0,044
III	0,045 - 0,049
IV	0,050 - 0,054
V	>0,054

Базовые принципы для ее построения следующие. Диапазон значений показателя, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл (условная норма). Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя. Поскольку при этом суммируются данные по ряду независимых показателей, мы получаем в действительности интегральную оценку ситуации для сравнения различных территорий и видов.

В приведенном примере показатель асимметрии был равен 0,042, что соответствует второму баллу шкалы. Это означает, что растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов.

#### **4. Оценка состояния популяции (территории) по стабильности развития березы повислой**

- *Объект исследований.* Для исследований предлагается использовать лист, как орган, обладающий билатеральной симметрией.

- *Сроки сбора материала.* Сбор материала следует проводить после остановки роста листьев (в средней полосе начиная с июля).

- *Объем выборки.* Каждая выборка должна включать в себя 50 листьев (по 5 листьев из нижней части кроны с 10 деревьев). Листья с одного растения лучше хранить отдельно, для того, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи. Для этого собранные с одного дерева листья связывать за черешки. Все листья, собранные для одной выборки, сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. В этикетке указать номер выборки, место сбора (делая максимально подробную привязку к местности), дату сбора.

В лаборатории (дома) листья высушить и закрепить на плотном листе бумаги. Оформить в виде гербария с подробным описанием места сбора.

- *Условия произрастания.* Листья должны быть собраны с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях (уровень освещенности, увлажнения и т.д.). Рекомендуется выбирать растения, растущие на открытых участках (полянах, опушках), поскольку многие виды светолюбивы и условия затенения являются для них стрессовыми и могут существенно снизить стабильность развития.

- *Возрастное состояние растения.* Для исследования мы рекомендуем выбирать растения, достигшие генеративного возрастного состояния.

- *Положение в кроне.* Рекомендуется собирать листья из одной и той же части кроны с разных сторон растения с максимального количества доступных веток относительно равномерно вокруг дерева,

- *Размер листьев* должен быть сходным, средним для данного растения,

- *Поврежденность листьев.* Поврежденные листья могут быть использованы для анализа, если не затронуты

участки, с которых будут сниматься измерения. Рекомендуется собирать с растения несколько больше листьев, чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не сможет быть использована для анализа.

- *Подготовка и хранение материал.* Материал может быть обработан сразу после сбора, или позднее. Для непродолжительного хранения собранный материал можно хранить в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника. Для длительного хранения можно зафиксировать материал в 60% растворе этилового спирта или гербаризировать.

- *Измерение.* Для измерения лист помещают пред собой стороной, обращенной к верхушке побега. С каждого листа снимают показатели по пяти промерам левой и правой сторон листа (рис. 15).

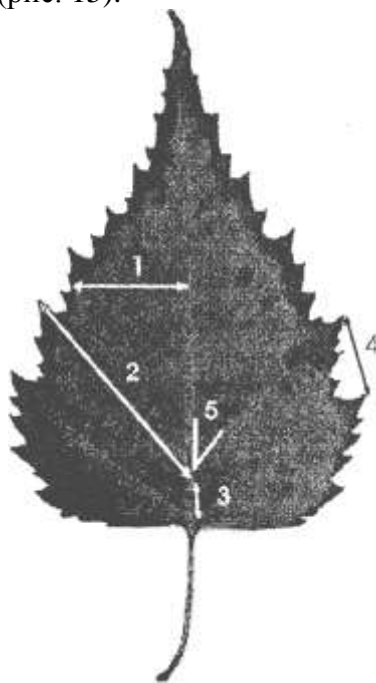


Рис. 15. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)

1 - Ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист и по образовавшейся складке производят измерения.

2 - Длина жилки второго порядка, второй от основания листа.

3 - Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.

4 - Расстояние между концами этих же жилок.

5 - Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Для измерений потребуются измерительный циркуль, линейка и транспортир. Промеры 1 - 4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром.

Результаты измерений занести в таблицы 25 и 26.

Таблица 25

Оценка стабильности развития у березы повислой

№ особи	Номер признака									
	1		2		3		4		5	
	сле-ва	спра-ва	сле-ва	спра-ва	сле-ва	спра-ва	сле-ва	спра-ва	сле-ва	спра-ва
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Таблица 26

Вспомогательная таблица для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке

Номер признака						Величина асимметрии листа
№	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Величина асимметрии в выборке:						X=

Провести анализ результатов замеров, используя методические указания.

---



---



---



---

Сделать вывод о степени загрязнения территории и уровне антропогенной нагрузки.

---



---



---



---

Построить ранжированный ряд районов Брянской области по степени убывания антропогенной нагрузки на основании полученных аналитических результатов.

---



---



---

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 3

### ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ НА КОАГУЛЯЦИЮ БЕЛКОВ

#### Оборудование, реактивы, материалы:

2) пробирки - 16 шт.; 2) мерные колбы на 25 мл - 16 шт.; 3) стаканчик - 1 шт.; 4) пипетка на 1 мл - 2шт.; 5) пипетка аптечная - 4 шт.; 6) стеклоглаф; 7) фильтровальная бумага; 8) 5%-ный раствор  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ; 9) 5%-ный раствор  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ; 10) 5%-ный раствор  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ; 11) 5%-ный раствор  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ; 12) дистиллированная вода; 13) животный белок (куриного яйца); 14) растительный белок (зернового гороха).

Работа показывает действие солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявляет разницу в реакции тех и других. Белки с тяжелыми металлами образуют комплексы, нерастворимые в воде.

Соли тяжелых металлов в водной среде распадаются на ионы. Все ионы металлов могут быть разделены на две группы: биогенные (Cu, Zn, Co, Mn, Fe и др.) и небιοгенные (Pb, Hg, Sn, Ni, Al, Cd, Sr, Cs и др.). Среди последней группы ионы стронция и цезия действуют как биогенные при замене в органических веществах кальция на стронций и калия на цезий. Биогенные ионы входят в состав ферментных систем, которые обеспечивают регуляцию всех процессов в клетке и организме. Поэтому их ПДК значительно выше, чем у небιοгенных. При поступлении в растения воздушным (через устьица) или капельным (роса, туман, слабые осадки) путями определенная доза биогенных тяжелых металлов включается в состав ферментных систем, что стимулирует метаболические процессы. Так, медь входит в состав ферментов, участвующих в процессах темно-



вых реакций фотосинтеза, способствует поглощению других элементов; цинк входит в состав ферментов, расщепляющих белки, увеличивает устойчивость растений к жаре, засухе, болезням. Лишь при более высоких концентрациях они действуют как токсиканты. На рис. 16 показано биологическое действие биогенной (Cu) и небιοгенной (Cd) солей на живые тест- системы.

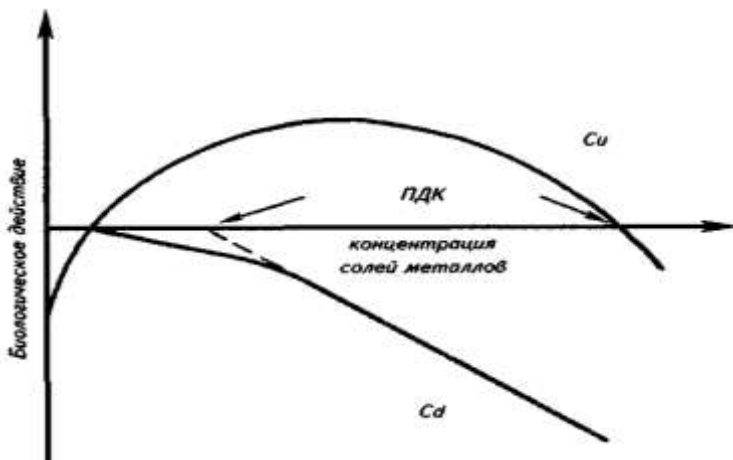


Рис. 16. Схема биологического действия ионов меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ) и кадмия ( $\text{Cd}^{2+}$ ) (по Скурлатову с соавт., 1994).

В малых концентрациях Cu оказывает отрицательное влияние (недостаток микроэлементов). С повышением концентрации появляется стимулирующий эффект, который усиливается, достигая своего оптимума, а затем снижается и, переходя точку ПДК (стрелка), оказывает отрицательное действие. Cd ведет себя иначе. В очень малых концентрациях он оказывает нейтральный эффект, затем его токсическое действие усиливается, достигая точки ПДК (пунктирная стрелка), наступает перелом с усилением токсического эффекта.

### Приготовление растворов белков:

- у куриного яйца отделить белок в мерный стаканчик, размешать его стеклянной палочкой в дистиллированной воде в соотношении 1:10. Затем профильтровать.
- зерновой вызревший горох перемолоть в муку в кофемолке, развести в соотношении: 10 г гороховой муки на 50 мл 10%-ного раствора NaCl или KCl. Профильтровать.

### Ход работы

Приготовить в мерных колбах на 25 мл серию растворов сульфата меди  $\text{CuSO}_4$ , нитрата свинца  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , нитрата цинка  $\text{Zn}(\text{NO})_2$ , нитрата ртути  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , нитрата натрия  $\text{NaNO}_3$  из исходного 5%-ного раствора (2,5%; 1,25%; 0,62%) и. В 8 пробирок пипеткой внести по 1 мл животного белка, а в другие 8 - по 1 мл растительного белка (для обеих солей всего 8 растворов). В каждую пробирку добавить по 2 капли одного из указанных растворов испытуемой соли. Все пробирки пометить стеклографом. Рассмотреть характер коагуляции на темном фоне (кусочек черной бумаги, доска и др.).

### Схема записи результатов

Определить концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей и при разном типе белков).

Название соли	Концентрация соли, %			
	0,62	1,25	2,50	5,00
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$				
$\text{Zn}(\text{NO})_2$				
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$				
$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$				
$\text{NaNO}_3$				

Ответить на следующие вопросы.

1. На какой из видов белков (животный или растительный) сильнее всего действует: а)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , б)  $\text{Zn}(\text{NO})_2$ , в)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , г)  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ?

2. Какая соль сильнее действует: а) на животный белок; б) на растительный белок.

---

---

---

---

---

---

---

---

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 4

### ИОНОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТОВ

**Принцип метода.** Нитраты извлекают раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации нитратов в растворе с помощью ион-селективного электрода.

**Приборы и реактивы:**

1. Ионномер (нитратомер) любой марки.
2. Ионселективный нитратный и вспомогательный хлорсеребрянный электроды.
3. Весы техно-химические ВЛКТ-500.
4. Гомогенизатор растительных проб.
5. Банки бытовые емкостью 200 мл, стаканчики емкостью 50 мл, стаканы термостойкие емкостью 200 мл.
6. Электроплитка лабораторная.

7. 1%-й раствор алюмокалиевых квасцов (экстрагирующий раствор).  $10,0 \pm 0,01$  алюмокалиевых квасцов (ГОСТ 4329. «ч.д.а.») помещают в колбу на  $1 \text{ дм}^3$ . Растворяют и доводят до метки дистиллированной водой. Раствор можно хранить в банке с притертой пробкой не более 1 года. При появлении осадка или мути раствор заменяют новым.

8. Основной раствор концентрации 0.1 моль л (раствор I)  $10,11 \pm 0,001$  г  $\text{KNO}_3$ . ГОСТ 4217. «х.ч.», высушенного при температуре  $100-105^\circ\text{C}$  до постоянной массы, растворяют в растворе алюмокалиевых квасцов в мерной колбе на  $1 \text{ дм}^3$  и доводят до метки. Хранят в склянке с плотно притертой пробкой не более 1 года.

9. Растворы сравнения. Готовят из основного раствора  $\text{KNO}_3$  в день проведения анализа, используя для разбавления 1%-й раствор алюмокалиевых квасцов.

10. Раствор с концентрацией  $\text{C}(\text{NO}_3^-) = 0,01$  моль/литр ( $\text{pCNO}_3^- = 2$ ) готовят десятикратным разбавлением основного раствора (1).

11. Раствор с концентрацией  $\text{C}(\text{NO}_3^-) = 0,001$  моль/литр ( $\text{pCNO}_3^- = 3$ ) готовят десятикратным разбавлением раствора (2).

### Ход анализа

- При анализе сырого материала образец предварительно следует вымыть и обсушить. Затем его измельчают до размера частиц не более 1 см. Овощи и плоды расчленяют на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом.

- Навеску материала 10 г с точностью 0,1 г помещают в стакан гомогенизатора, приливают 50 см<sup>3</sup> 1%-го раствора алюмокалиевых квасцов (соотношение 1:5) и гомогенизируют в течение 1 мин при 6000 об/мин. При отсутствии гомогенизатора сырой материал, содержащий твердые ткани, растирают в ступке с прокаленным песком или с битым стеклом до од-

народной массы и переносят с помощью 50 см<sup>3</sup> 1%-го раствора алюмокалиевых квасцов в коническую колбу на 100 - 200 см<sup>3</sup> и встряхивают на ротаторе в течение 3 мин. В полученной суспензии определяют содержание нитратов.

- Измерение концентрации нитрат-Иона проводится в милливольтгах с последующим определением величины  $pC_{NO_3^-}$  по градуировочному графику, построенному по результатам измерения ЭДС электродной пары в растворах сравнения. При измерении в милливольтгах тумблер «Род работы» ставят в положение «мВ» и проводят измерение ЭДС в растворах сравнения, начиная с низшей концентрации. Электрод имеет линейную функцию в диапазоне от 1,0 до 4,0 ед.  $pC_{NO_3^-}$ , с наклоном  $(56 \pm 3)$  мВ на ед.  $pC_{NO_3^-}$ . Если характеристика электрода отличается от заданной, электрод непригоден для работы.

- Величину  $pC_{NO_3^-}$ , в анализируемых пробах рассчитывают по градуировочному графику, построенному по результатам измерения ЭДС в растворах сравнения с  $pC_{NO_3^-}$ , равным 1, 2, 3, и 4.

- Перед измерением нитратный ион-селективный электрод тщательно ополаскивают дистиллированной водой и выдерживают в ней 10 мин., осушают фильтровальной бумагой и погружают в испытуемый раствор. Показания прибора считывают через 1 мин. после прекращения заметного дрейфа стрелки прибора. При переходе от одной пробы к другой электроды ополаскивают дистиллированной водой и промокают фильтровальной бумагой.

- Температура анализируемых растворов и растворов сравнения должна быть одинаковой. Настройку прибора проверяют по растворам сравнения не менее 3 раз в течение рабочего дня, используя каждый раз свежие порции растворов.

- Массовую долю нитратов в мг/кг продукции находят по величине  $pC_{NO_3^-}$  с помощью вспомогательных таблиц. Повторность опыта 2-кратная.

- Анализ начинают с сока свежих овощей. Затем помещают овощи в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятят 15 - 20 мин, после чего анализируют отварные овощи и отвар. За время варки делают анализ различных частей других овощей и плодов (не менее четырех видов за занятие). Результаты записывают в общую таблицу 27 на доске и в тетради.

### Схема записи

Таблица 27

Содержание нитратов в различных овощах и плодах

Исследуемое растение	Часть растения	ЭДС, мВ	pC <sub>NO3</sub> <sup>-</sup>	Нитраты, мг/кг	Изменение содержания нитратов, %	
					к исходному	в процессе обработки
Картофель свежий	а) целый клубень				100	
	б) срединная часть					
	в) под кожурой					
Картофель отварной	а) целый клубень				100	
	б) срединная часть					
	в) под кожурой					
Свекла столовая свежая	а) целый корнеплод				100	
	б) срединная часть					
	в) под кожурой					
Яблоко свежее						
Капуста свежая	а) жилки					
	б) кочерыжка					
	в) лист					
Капуста от-	а) жилки					
	б) кочерыжка					

варная	б) кочерыжка					
--------	--------------	--	--	--	--	--

**Выводы**

---

---

---

---

---

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### АДАПТАЦИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ СУЩЕСТВОВАНИЯ

**Цель занятия.** Используя предложенные рисунки и раздаточный материал изучить некоторые способы адаптации живых организмов к условиям внешней среды.

#### **1. Изучение особенностей строения клюва птиц в зависимости от способа питания**

1. Рассмотрите форму и строение клювов птиц и сделайте выводы о характере их пищи и способе ее добывания. Сравните особенности строения клюва различных птиц.

Зерноядные птицы (в том числе и плодоядные): воробей, зяблик, чиж, щегол, коноплянка, дубонос, клест, снегирь.

Насекомоядные птицы (в том числе и питающиеся водными беспозвоночными): козодой, ласточка, мухоловка, дятел, пищуха, шилоклювка, дупель, кроншнеп, вальдшнеп.

Хищные птицы: сокол, сова, баклан, пеликан.

Всеядные птицы: ворон, грач.

## Клювы всеядных птиц



Ворон



Грач

## Клювы насекомоядных птиц



Ласточка



Сорокопут



Козодой



Удод



Мухоловка



Дятел



Певчий дрозд



Пищуха



Вальдшнеп



Шилоклювка



Кроншнеп



## Клювы зерноядных птиц



Клест-еловик



Клест-сосновик



Снегирь



Зяблик



Голубь-вяхирь



Дубонос

## Клювы хищных птиц



Канюк



Сокол-дербник



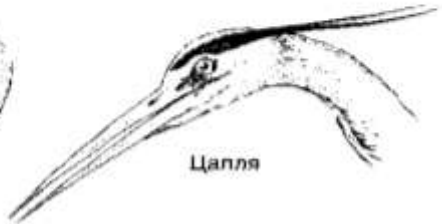
Ястреб-перепелятник



Орел



Пеликан



Цапля

---

---

---

---

---

---

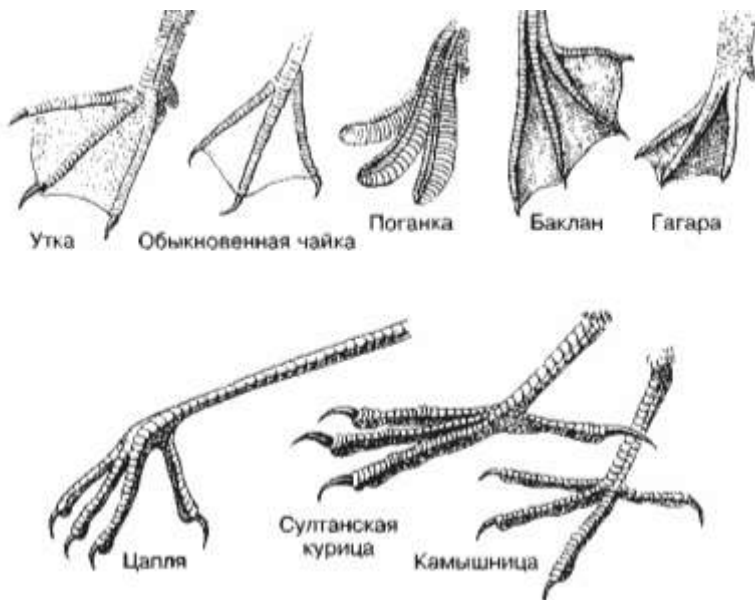
## 2. Изучение особенностей строения конечностей птиц в зависимости от среды обитания

### Ход работы

Рассмотрите задние конечности птиц, обитающих в разных местах, сравните длину ног с длиной пальцев; отметьте специализацию в зависимости от объектов добычи.

Рассмотрите лапы куриных птиц с роговыми чешуйками, помогающие им удерживаться на ветках деревьев (глухарь, рябчик, тетерев). Обратите внимание на изменение внешнего облика их конечностей зимой и летом.

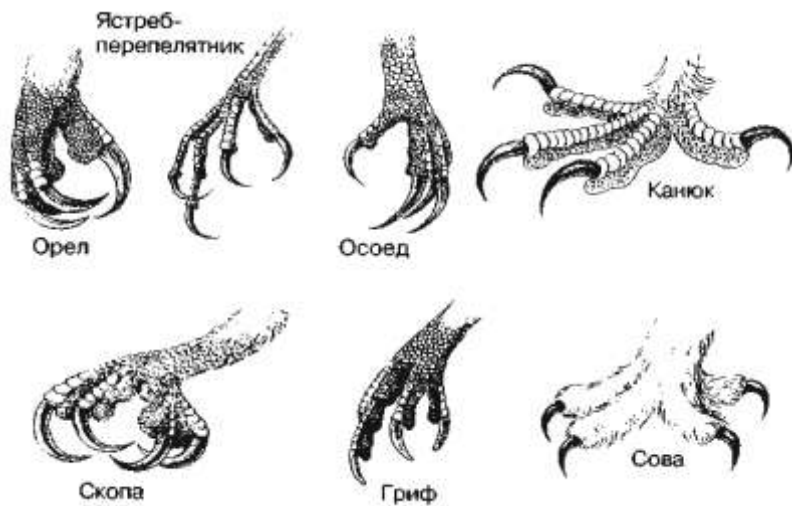
### Лапы водоплавающих и болотных птиц



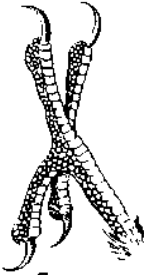
## Лапы птиц открытых пространств



## Лапы хищных птиц



### Лапы лесных птиц



Дятел



Поползень



Глухарь



Тетерев  
зимой



летом

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание.** Укажите особенности строения плодов и семян, распространяемых ветром, животными и птицами. Приведите примеры (не менее пяти по каждому способу распространения).

---

---

---

---

---

Укажите особенности строения плодов и семян, нуждающихся для прорастания в воздействии низких температур или действию огня (пирофитные растения). Приведите примеры.

---

---

---

---

---

---

---

---

Приведите примеры растений, сопутствующих основным сельскохозяйственным культурам. Объясните причины совместного произрастания.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Влияние влажности на живые организмы. Адаптация к различным условиям увлажнения.
2. Влияние света на живые организмы. Адаптация к различным условиям освещенности.
3. Влияние температуры на живые организмы. Адаптация к различным температурным условиям.
4. Значение адаптации в жизни живых организмов.

5. Адаптация живых организмов к антропогенному воздействию.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература**

1. Степановских. А.С. Биологическая экология: Теория и практика.- М.: Юнити-Дана, 2009
2. Степановских. А.С. Экология. - Курган: ИПП «Зауралье», 1997.
3. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учебное и справочное пособие.- М.: Финансы и статистика, 2000.
4. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: ВЛАДОС, 2001.
5. Экология: Учебное пособие/ Под ред. проф В.В. Денисова. – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону, 2004.
6. Никанорова А.М., Хоружая Т.А. Глобальная экология. Учебное пособие. – М.: Издательство «ПРИОР», 2001.

### **Дополнительная литература**

1. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания: Кн.1. Народонаселение и пищевые ресурсы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1994.
2. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Т. 1, 2, 3. Пер. с англ./ Под ред. Ягодина Г.А. – М.: Прогресс, Пангея, 1993, 1994, 1996.
3. Экологическая экспертиза/В.К. Донченко. В.М. Питулько, В.В. Расторгуев и др.; Под ред. В.М. Питулько. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
4. Человек и среда его обитания. Хрестоматия/ Под ред. Г.В. Лисичкина и Н.Н. Чернова. – М.: Мир, 2003.

5. Кочегарова Н.Л. Устойчивое экологическое развитие России на пороге третьего тысячелетия: Учебное пособие.- Брянск: Брянск сегодня, 2003.

6. Розанов С.И. Общая экология. – СПб.: Издательство «Лань», 2003.

7. Постановление Правительства РФ от 12.06.03 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».

8. Об охране окружающей среды. - ФЗ № 7 от 10.01.02.

9. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.7-02 «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний».

10. Горелов А.А. Экология. Учебное пособие для вузов.- М.: Юрайт-М, 2002.

11. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000.

12. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К., Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000.

13. Варламов А.А., Хабаров А.В. Экология землепользования и охрана природных ресурсов. - М.: Колос, 1999.

14. Методика определения предотвращенного экологического ущерба.- М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999.

15. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – Учебное пособие для биол. спец. Вузов.-М.: Высш.шк.,-2002.

16. Серов Г.П. Экологический аудит. - М.: Экзамен, 2000.

17. Степанян Е.Н., Алексахина Е.М. Лабораторные занятия по зоологии с основами экологии: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2001.

18. Энос А.Р., Бейли Э.Р. Биология окружающей среды. Проблемы и решения. - Пер. с англ. - М.: Колос, 1997. – 184 с.

19. Жигарев И.А., Пономарева О.Н., Чернова Н.М. Основы экологии. 10 (11) класс: Сборник задач, упражнений и практических работ к учебнику под редакцией Н.М. Черновой «Основы экологии. 10 (11) класс» - М.: Дрофа, 2001.

20. Киприянов Н.А. Экологически чистое растительное сырье и готовая пищевая продукция. - М.: Агар, 1997. -176 с.

21. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гущина Э.В. Практикум по экологии: Учебное пособие/ Под ред. С.В. Алексеева. – М.: АО МДС, 1996.

22. Исаченко А.Г. Прикладное ландшафтоведение, ч.1., Л.: Лен. ун-т, 1976. – 152 с.

23. Агрорландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы /Под. ред. В.А. Николаева. - М.: МГУ, 1992. - 120 с.

24. Почвенные катены Нечерноземной зоны РСФСР. Урусевская И.С. Почвоведение, 1990. № 9. С.12-27.

25. Тиво П.Ф., Саскевич Л.А., Нитраты: слухи и реальность. Мн.: Ураджай, 1990.

### **Периодические издания**

1. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. - М.: ВИНТИ.

2. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация. - М.: ВИНТИ.

3. Экологическая экспертиза. Обзорная информация. - М.: ВИНТИ.

4. Экономика природопользования. Обзорная информация. - М.: ВИНТИ.





---

---

---

---

Учебное издание

Кротов Дмитрий Геннадьевич

Силаев Андрей Леонидович

## **ЭКОЛОГИЯ**

### **ПРАКТИКУМ**

для студентов, обучающихся по направлениям подготовки  
«Агрохимия и агропочвоведение», «Агрономия»,  
«Технология производства и переработки  
сельскохозяйственной продукции»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 27.10.2011 г. Формат 60x84. 1/16.  
Бумага печатная. Усл. п. л. 7,90. Тираж 200 экз. Изд. № 2040.

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной  
академии.

243365 Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино,

Брянская ГСХА