

## **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

### **Научно-исследовательская работа студентов (НИРС)**

Методические указания к практическим занятиям

для студентов специальности : 020801-Экология кафедра:  
«Радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга»  
(РЭТЭМ)

Разработчики:

Профессор каф. РЭТЭМ Карташев А.Г., профессор Куранов Б.Д.

2012г.

Учебно-методическое пособие к практическим и семинарским занятиям для студентов специальности 020801 «Экология» по дисциплине «Научно-исследовательская работа студентов». Карташев А.Г., Куранов Б.Д. 2012.-41с.

В методических указаниях по дисциплине «Научно-исследовательская работа студентов» даны рекомендации по проведению практических работ и семинарских занятий по экологическим исследованиям. Поставлены цели работ, содержание, описаны этапы проведения и указана необходимая для выполнения заданий методическая литература. В учебном пособии даны основы экспериментальной экологии, методы наблюдений за состоянием экосистем в природных условиях, статистическая обработка данных и их анализ.

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) состоит из двух основных этапов:**

- 1) обучение студентов элементам исследовательской работы;
- 2) научные исследования, проводимые студентами.

### **Цель НИРС:**

Переход от усвоения готовых знаний к обучению методов получения новых знаний, приобретение навыков самостоятельного анализа природных явлений.

### **Задачи НИРС:**

1. Развитие аналитического мышления.
2. Развитие навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.
3. Использование теоретических знаний и методов научных исследований в практической деятельности.

### **Формы реализации НИРС**

- \* Рефераты, доклады на конференции, семинарах, заседаниях кафедры. Научные публикации.
- \* Наглядные пособия для учебного процесса.
- \* Курсовая, дипломная работа, магистерская диссертация.
- \* Проблемно-исследовательские группы студентов, работающие по одной теме, выполняемой на кафедре.

### **Научный метод**

Научный метод основывается на опытных данных, научные теории должны подтверждаться фактическими наблюдениями и экспериментальными фактами. Научный метод с необходимостью основывается на фактах и если они не согласуются с существующими гипотезами и теориями.

Большое значение в утверждении научного метода имели труды Фрэнсиса Бэкона (1561–1626), отвергавшего господствовавшие в средние века аристотелевские представления о цели и замысле природы и утверждавшего, что знания должны основываться на данных опыта. Определяющая роль в становлении научного метода познания принадлежит и Галилео Галилею (1564–1642). Широкое использование экспериментальной и теоретической научной методологии привело к созданию современной науки и практическому использованию научных достижений во всех сферах деятельности человека.

## Этапы научного процесса

1. Определение и формулирование проблемы.
2. Формулирование гипотезы.
3. Сбор данных посредством наблюдений и экспериментов.
4. Проверка гипотезы.
5. Информирование научного сообщества о результатах НИР.

## Определение проблем

Проблема – это теоретическая или практическая задача, сформулированная на вербальном уровне, способы решения которой неизвестны или известны не полностью. Для решения проблемы формулируется гипотеза – требующее проверки предположение о причине, которая вызывает определенное следствие. Гипотеза – научное предположение, основанное на известных фактах, объясняющих какое-либо явление.

**Научная проблема формулируется при исследовании любого естественного процесса. В научной проблеме концентрируются основные вопросы, связанные с изучаемым явлением. После формулирования проблемы ставятся конкретные задачи, решение которых позволяет понять наблюдаемое явление или перейти к постановке новой проблемы.**

### Требования к научной гипотезе:

Избегать неоправданных новаций.

Основываться на анализе научных литературных источников.

Насколько это, возможно, предложить гипотезу с помощью уже известных теорий и законов.

**Гипотеза должна быть понятной и простой в изложении. Бритва Оккама: принцип простоты.** Принцип получил название по имени английского монаха и философа Уильяма Оккама (1285–1349). Если существует несколько непротиворечивых объяснений интересующих нас явлений, то следует считать верным самое простое из них.

## ЭТАПЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

- 1) подготовительный;
- 2) исследовательский;
- 3) работа над рукописью;
- 4) внедрение результатов научного исследования.

### Подготовительный этап

1. Выбор темы и обоснование необходимости и актуальности проведения исследований.
2. Определение проблемы, цели и задач исследований.

3. Разработка плана и методики проведения исследований
4. Подготовка средств исследования (инструментария).

### **Исследовательский этап**

1. Проведение исследований в соответствии с планом.
2. Обработка и анализ полученных результатов.
3. Формулирование выводов и практических рекомендаций.

### **Работа над рукописью**

1. Определение композиции: построения, внутренней структуры изложения.
2. Уточнение заглавия, названий глав и параграфов рукописи.
3. Подготовка черновика рукописи и её редактирование.

### **Внедрение результатов**

Внедрение результатов исследования в практику, авторское сопровождение разработок, оформление авторских свидетельств и патентов.

Подготовка результатов исследований к публикации.

Независимо от характера планируемых публикаций: отчёт, научная статья, монография, дипломная работа, диссертация существует общая схема изложения полученных результатов. В публикации содержится: введение, анализ литературных источников, объекты и методы исследований, результаты исследований, анализ результатов исследований, заключение, выводы, практические рекомендации и список цитируемой литературы.

Во введении излагаются: цели и задачи исследований, актуальность, научная новизна и практическая ценность проводимых исследований.

Анализ литературных данных включает современные научные результаты, представления по конкретной тематике и обосновывает цели и задачи проводимых изысканий.

В главе объекты и методы исследований излагаются: объекты, тест-показатели, схема проведения, конкретные методики и используемые методы статистического и математического анализа полученных результатов.

Результаты исследований представляются в виде таблиц или графиков, проводится их подробное описание, пояснения и сравнительный анализ.

Анализ и обсуждение полученных результатов включает: сравнительный анализ полученных результатов между различными сериями опытов или наблюдений, научными публикациями, обсуждение и сравнение с гипотезой или научными теориями.

В заключении формулируется научная новизна полученных результатов и теоретических построений.

Выводы содержат краткое изложение проведённых исследований.

Практические рекомендации включают использование полученных научных результатов в прикладных областях знаний.

Список цитируемой научной литературы должен соответствовать современным представлениям разрабатываемой тематики.

## МЕТОДОЛОГИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методология научных исследований по экологии основывается на современных системных представлениях о пространстве, времени, массе, энергии, экосистеме и биосфере. Современная экология является синтетической областью знаний, развивающейся с использованием законов фундаментальных областей: биологии, физики, химии, геологии, математики и др. Экологическая парадигма включает концепцию взаимосвязи и взаимозависимости биосистем различных уровней организации с косными земными и космическими процессами. В качестве базовых понятий рассматриваются концепция экосистемы, биосферы, биоразнообразия, эволюции, экологической ниши и д.т. Методической основой исследования экосистем являются статистические показатели состояния экосистем и её элементов в зависимости от внешних условий окружающей среды. Большое значение приобретает негативное влияние антропогенных факторов на естественные экосистемы. Необходимой составляющей методического процесса является системы экомониторинга и экопрогнозирования в развитии техносферы и биосферы. В зависимости от цели и задач экологических исследований используются различные методы накопления и анализа фактического материала.

### Методы накопления и анализа информации

Описательный метод основан на наблюдении за состоянием экосистем и элементов экосистем. Заключается в сборе фактического экологического материала и его описании. Проводится с применением технических средств или без них.

**Сравнительный метод** позволяет путем сопоставления экологической информации изучать сходства и различие в состоянии экосистем и их элементов. С использованием данного метода развились различные области экологии: экология популяций, сообществ, ландшафтов, биосферы и др. Сформировалась экология растений, животных и человека.

**Экспериментальный метод** связан с активным воздействием различных факторов на биосистемы путем проведения опытов в контролируемых условиях. Данный метод позволяет изучать экологические процессы в контролируемых условиях и достигать хорошей повторяемости результатов.

**Исторический метод** выясняет закономерности появления и развития экосистем, становления их структуры и функций. Использование исторического метода характерно для геоэкологии, экопалентологии, биогеографии, социальной экологии человека и т.д.

**Статистический метод** основывается на сборе, измерении и анализе экологической информации в пространственно-временном континууме.

**Метод моделирования основан на** получение знаний об экосистемах с помощью частичного или полного замещения их моделью, отражающей в качественной или количественной форме интересующие исследователя показатели. На основании моделирования экосистем и экологических ситуаций строится экологическое прогнозирование.

### **Научно-исследовательская работа**

Научно-исследовательской работой являются наблюдения, размышления или любая деятельность, в результате которой происходит подтверждение известной или появление новой информации. Научная информация может дифференцироваться в зависимости от уровня её научной ценности.

Первый уровень – сбор фактической информации, в результате наблюдений, при проведении лабораторных исследований и при наблюдении в природе. Необходимым условием фактической информации является её статистическая достоверность. То есть явления и наблюдения признаются в качестве научного факта только тогда, когда этот факт повторяется неоднократно. Второе условие достоверности фактов является их воспроизводимость, т.е. когда в аналогичных условиях другие исследователи наблюдают аналогичные факты.

Второй уровень – установление эмпирической зависимости, характерной для конкретных условий наблюдений. Повторяется самим исследователем и воспроизводится другими учёными.

Третий уровень новизны – установление новых закономерностей для широкого круга явлений. Подтверждается другими исследователями и рассматривается в качестве открытия.

Четвёртый уровень – построение теорий, изменяющих научные представления современников.

### **Экологические исследования**

Все экологические исследования можно подразделить на экспериментальные или лабораторные, полигонные, проводимые в природных условиях с частично контролируемыми действующими факторами и экспедиционные исследования. Теоретические исследования экологических проблем осуществляются на философском (Московченко, 2003), социально-экологическом и математическом уровнях.

Экспериментальные исследования. Особенность экспериментальных исследований заключается в том, что они проводятся в контрольных условиях, как правило, в лабораторных помещениях при параллельном контроле. Все условия: температура, влажность, длительность воздействия либо остаются неизменными, либо контролируются при наличии параллельного контроля.

В зависимости от задач исследований наблюдаемые реакции биосистем могут быть: физиологические, биохимические, генетические, популяционные (изменение численности, половой структуры, соотношения мужских – женских особей, возрастной структуры). При исследовании сообществ в большей степени важными являются такие показатели, как видовое разнообразие, динамика численности по различным видам, на основании которых строится выживаемость организмов в зависимости от концентрации вещества. Для оценки выживаемости организмов широко используется критерии  $LD_{50}$ , летальная доза воздействий, при которой погибает 50% организмов. После установления  $LD_{50}$  строится кривая выживаемости, по которой определяется минимальный порог изучаемого фактора. В зависимости от поставленных целей, исследуются и другие показатели, такие как интенсивность размножения, устойчивость или выживаемость различных групп. На основании проведенных исследований можно перейти к постановлению экспериментов по хроническому действию факторов, где наблюдается воздействие в течение всего онтогенеза особей или в ряду поколений. Выяснение отдаленных последствий на морфологические, генетические элементы, структуру популяций и сообществ.

Полигонные исследования проводятся на специально ограждённых участках с контролируемым уровнем влияния одного или нескольких факторов. В зависимости от поставленных задач проводятся, как правило, комплексное экологическое наблюдение за определёнными тест-объектами в режиме экологического мониторинга. Полигонные исследования позволяют выявить причинно-следственные зависимости между действующими факторами и биотестами в условиях максимально приближенных к естественным. Полигонные исследования проводятся группой специалистов по различным биологическим специальностям

Полевые исследования. Для эколога первостепенное значение имеют полевые исследования, т.е. изучение популяций видов и их сообществ в естественной обстановке, непосредственно в природе. Полевые методы позволяют установить результат влияния на организм, популяцию и сообщество определённого комплекса факторов, выяснить общую картину развития и жизнедеятельности вида в конкретных условиях. Приступая к исследованиям, необходимо установить, кто и когда работал в данной местности, составить полное представление о районе работ (география, растительность, животный мир, степень хозяйственной освоенности и т.д.). Очень важно изучить картографический материал, особенно если наблюдения ведутся в условиях экспедиции. Итогом предварительной



подготовки является программа исследования, которая включает следующие разделы:

1. Установление видового состава и сезонных изменений флоры и фауны
2. Выяснение уровня численности отдельных видов и пространственно-временной динамики их численности.
3. Экологический анализ среды обитания (климат, рельеф, почвы, растительность). Выделение основных биотопов и их характеристика.
4. Изучение биотопической приуроченности растений и животных и причин ее определяющих. Суточные и сезонные перемещения животных.
5. Выявление эколого-фаунистических группировок животных, их связей с растительным покровом.
6. Изучение основных показателей экологии важнейших видов животных отношение к отдельным факторам среды (жизненный ритм, размножение, использование территории, структура популяции, отношение с другими видами).

Природные и нарушенные человеком экосистемы исследуются: в динамике, в режиме экологического мониторинга, фрагментарно в зависимости от конкретных задач исследований. Сравнительный анализ полученных результатов проводится с аналогичными природными образованиями, при сравнении с фондовыми материалами и литературными источниками.

Исследования экосистем и элементов проводятся с использованием известных биологических методов оценки состояния природной среды. Основным методом является непосредственные наблюдения в природных условиях. Непосредственные наблюдения в зависимости от задачи оснащаются необходимой аппаратурой.

## **МЕТОДЫ ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В природе растительный покров состоит из многих видов растений, которые формируют сообщества или фитоценозы. Изучением фитоценозов занимается наука геоботаника.

**Определение геоботаники (фитоценологии).** Наука о растительных сообществах, или фитоценозах, их структуре, связях с внешней средой, развитию в пространстве и во времени.

**Определение фитоценоза.** Растительное сообщество, или фитоценоз — «совокупность растений, произрастающих совместно на однородной территории...» (Сукачев, 1972).

### **Структура биогеоценоза**

## Видовой (флористический состав)

1. Список видов растений и видовое богатство (общее количество видов в сообществе).
2. Видовая насыщенность (количество видов на единицу площади).

## Популяционный состав

- семена;
- проростки;
- вегетативные;
- генеративные,
- старческие (сенильные) растения.

Положение вида в фитоценозе устойчиво, если в популяции представлены все возрастные группы особей в достаточном количестве. Преобладание старых растений свидетельствует о деградации популяции.

## Состав жизненных форм

Жизненная форма – внешний вид (габитус) растения, сложившийся в данных почвенно-климатических условиях.

## Жизненные формы растений

**Деревья** – многолетники со стволом

**Кустарники** – древесные многолетники без ярко выраженного ствола

**Кустарнички** – сходны с кустарниками, но не выше 50 см (брусника, багульник)

**Многолетние травы** – клевер, люцерна.

**Двухлетние травы** – борщевик, дикая морковь

**Однолетние травы** – мятлик, овес, ячмень.

## Роль отдельных видов растений в фитоценозе

**Эдификаторы** – виды, определяющие экологический режим существования других растений. Эдификаторы характеризуются сильным средообразующим действием, изменяя режим увлажнения, освещенность. В лесных сообществах эдификаторы – это деревья верхнего яруса, а в сообществах верховых болот — сфагновые мхи.

**Доминирование.** Преобладающие виды называют доминантами. Они производят основную часть биомассы. Обычно доминанты выделяют для каждого яруса.

## Вертикальная или ярусная структура

Наиболее выражена в лесных фитоценозах и включает древесный (древостой); кустарниковый (подлесок); травяно-кустарничковый; мохово-лишайниковый ярусы. Различают ярусность надземную и подземную.

### **Консорция**

Это растение и связанные с ним трофически и/или топически другие организмы.

Пример: в консорцию березы входит более 800 видов грибов, насекомых, клещей, птиц, млекопитающих, эпифитных мхов и лишайников.

### **Методика геоботанического описания**

Размер площади для выявления видового состава:

1. Моховые и лишайниковые фитоценозы – от 1 м<sup>2</sup>.
2. Травяные сообщества – 100 м<sup>2</sup>.
3. Лесные сообщества – 1000 м<sup>2</sup> и более.

### **Схема описания**

1. Название ассоциации. Дается по доминантам в основных ярусах сообщества. Примеры: сосняк чернично-зеленомошный; злаково-разнотравный луг.

2. Географическое положение.
3. Рельеф (макро-, мезо-, микро-).
4. Почва.
5. Описание ярусов.

### **Древесный ярус**

**Сомкнутость крон.** Оценивается, какую часть неба закрывают деревья верхнего яруса (варьирует от нуля до единицы).

**Формула состава древостоя.** Рассчитывается как соотношение пород по 10-балльной системе. Пример: в лесу 70% деревьев приходится на березу, 20% - на сосну и 10% на ель. Формула: 7Б+2С+1Е.

Также указывается высота и диаметр дерева, возраст дерева, бонитет (отражает степень благоприятности условий – 5 классов), развитие подроста, проективное покрытие (площадь проекции кроны на почву в процентах от общей площади).

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

На долю беспозвоночных приходится большая часть видов животных. Всего насчитывается 24 типа животных, из которых 23 типа относятся к

беспозвоночным и только 1 тип – к позвоночным животным. Описано около 1.5 миллионов видов беспозвоночных и 45 тысяч видов позвоночных.

### **Жизненные формы наземных беспозвоночных**

**Геобионты** – обитатели почвы

**Эпигеобионты** – обитатели открытых участков почвы

**Герпетобионты** – обитатели растительных и иных органических остатков на поверхности почвы

**Хортобионты** – обитатели травяного покрова

**Дендробионты** – обитатели деревьев и кустарников.

**Ксилобионты** – обитатели мертвой древесины.

### **Оборудование для сбора беспозвоночных**

**Энтомологический сачок.** Глубина стандартного мешка – 60 см, диаметр – 30 см; для отлова бабочек – диаметр до 50 см; для отлова в укрытиях диаметр 10–15 см; материал: марля, тюль, бязь.

**Пинцет.** Применяется при сборе материала и извлечении его из банок. Некоторые объекты можно собирать исключительно с помощью пинцета. Также для отлова беспозвоночных используется

**Поролоновый кубик.** Поролоновый кубик размерами 40х40х40 мм служит для мягкого захвата беспозвоночных перемещающихся по ровным поверхностям (почва, ствол дерева и т.п.).

**Экспаустер или аспиратор.** Представляет собой пробирку с пробкой. В пробку вставляют две трубочки, на свободный конец каждой из них натягивают резиновую трубку, одна из которых с мундштуком на конце. Мундштук берут в рот, отверстие свободной трубки приближают к насекомому и через резиновую трубку резко втягивают воздух. Насекомое потоком воздуха втягивается и переносится в пробирку или банку экспаустера.

**Гидробиологический сачок.** Изготавливается из мельничного газ или капроновой сетки.

**Морилка.** Камера с парами эфира, хлороформа или этилацетата. Служит для усыпления животных.

**Лупа.** Достаточно иметь 7- или 10-кратную лупу. Лучше пользоваться складной лупой, в рукоятке которой есть отверстие для пропуска веревочки.

**Ботанизирка.** Служит для переноса живых насекомых, которые в дальнейшем могут быть использованы в лаборатории для постановки опыта.

**Энтомологический зонт.** Предназначен для сбора стряхиваемых насекомых с кустов и деревьев.

**Энтомологическое сито.** Служит для просеивания опавшей листвы, хвои и т. п., где можно подозревать присутствие насекомых.

**Фотоэеклектор.** Состоит из узкогорлого мешка, сшитого из плотной, не пропускающей света ткани, и маленькой стеклянной или пластиковой пробирки, которая прикреплена к мешку резинкой. Оказавшись в темном мешке, насекомые начинают постепенно переползать в пробирку, стремясь к свету.

## Методы сбора насекомых

**Кошение.** За одно кошение делают 15–20 взмахов сачком. Косят только по сухой траве. Необходимо косить против солнца.

Также используется лов насекомых на лету и лов с цветов.

**Сбор водных беспозвоночных.** Наиболее эффективно так называемое «подводное кошение», когда сачком проводят по растениям, погруженным в воду.

**Стряхивание насекомых.** Под деревом или кустом расстилают белое полотнище или энтомологический зонт. Лучше всего производить стряхивание рано утром или вечером, когда насекомые менее подвижны и не успевают улететь.

**Ловчие ямы.** Используются емкости из стекла или пластмассы, которые вкапываются вровень с почвой.

**Светоловушки.** Используются для сбора насекомых, ведущих сумеречный или ночной образ жизни. Наиболее простой способ – установка источника света перед белой стеной или экраном. Ударившись о лампу, насекомые падают на материю. При другом способе под лампу устанавливают банку, в которую вмонтирована металлическая воронка. В банку следует залить фиксатор. Насекомые падают в воронку, скользят вниз по её стенкам и оказываются в банке.

## Количественные учеты беспозвоночных

### Количественный учет водных беспозвоночных

1. Трал, погруженный на строго выверенную глубину. Траление осуществляется с гребной лодки в течение определенного времени. Сборы разбирают и взвешивают в камеральных условиях.

2. Батометр (с последующим расчетом на 1м<sup>3</sup>). Опускают на определенную глубину с помощью мерного фала. Другим фалом замыкают крышки батометра и поднимают прибор на поверхность.

### Количественный учет почвенных беспозвоночных

Срезают все растения на площади 0,25м<sup>2</sup> (50х50 см). Затем срезают дерновый слой (5 см). Выбирает всю фауну и складывает в пробирки или банки. Затем срезают следующие слои почвы, соответственно на глубину 10, 15 и 25 см.

### Количественный учет беспозвоночных в травянистом ярусе

Применяется метод кошения (производится определенное количество взмахов с фиксированной длиной прохода сачка).

$$X = \frac{N}{2r \times l \times n}$$

Формула расчета численности:

где X – количество насекомых и других членистоногих на 1 м<sup>2</sup>, N - поймано животных при кошени; r - радиус сачка, м; l - средняя длина пути сачка при каждом взмахе; n - число взмахов.

**Учет беспозвоночных с применением биоценометра.** Представляет собой металлический ящик без дна размером 50х50 см с мешком. Биоценометр помещают на выбранный участок. Затем срезаются все растения и помещаются в мешок. Разбор пробы идет в камеральных условиях.

**Учет беспозвоночных в кустарниковом и древесном ярусах.** Используется кошение, отряхивание (расчет производят на площадь листвы) и накидывающийся мешок.

### Сохранение материала

Самый практичный способ упаковки насекомых – укладывание их на ватные слои энтомологического матрасика, которые затем укладываются стопкой в коробку или ящик. Затем проводят накалывание и расправление. Сухих насекомых предварительно размачивают в эксикаторе, насыщенном водяными парами. Накалывают насекомых, применяя энтомологические булавки различной толщины в зависимости от размеров животного.

Любое коллекционное животное необходимо снабдить этикеткой. Этикетка должна содержать следующую информацию: дату, точное место, биотоп и фамилию автора сбора (coll:...). Этикетка с названием вида оформляется только на латинском языке и содержит полное название вида и фамилию автора определения (det:...). После накалывания и этикетирования материал оформляют в коллекцию (в энтомологические коробки).

## Оценка экологического состояния среды обитания с использованием ловчих сетей пауков-кругопрядов.

Основной экологической функцией ловчих сетей пауков является поимка и удержание добычи. Самым совершенным типом тенет считаются колесовидные сети пауков-кругопрядов (семейства *Araneidae*, *Tetragnathidae* и *Uloboridae*), их круговые сети охватывают максимально возможную площадь при ограниченном количестве строительного материала (Карташев, Карташева, 2009). В связи с преимущественно горизонтальным направлением полёта насекомых вертикальные сети лучше подходят для перехвата летающих насекомых и имеют дополнительное преимущество над горизонтальными сетями.

Функцию остановки добычи выполняют специализированные большие нити, называемые радиусами. Удерживают пойманное насекомое прочные нити, состоящие из эластичного липкого шелка. В круговых сетях выделяют два рода нитей, расположенных перпендикулярно друг относительно друга: радиусы и ловчие нити. Расстояние между ловчими нитями видоспецифично и зависит от размеров, степени сытости паука и разнообразия спектра добычи. Построенная ловчая сеть не претерпевает каких-либо дополнительных изменений до момента ее уничтожения или частичного восстановления, поэтому пищевой успех деятельности паука зависит от поведенческих решений, принятых им при строительстве сети. Известно много факторов, влияющих на геометрию круговой сети, таких как климатические условия, репродуктивное состояние животного, размеры тела, насыщенность пищей, внешние факторы пестициды, наркотики, процент попадания добычи и запасы шелкового волокна. Для большинства внешних факторов не выявлен механизм оценки пауком состояния окружающей среды и формирования поведенческого ответа, в результате которого изменяется строительное поведение как адаптивная реакция на происходящие перемены. В противоположность традиционному мнению об особенностях изменения рисунка круговых сетей между видами, наблюдения показывают, что рисунок круговых сетей значительно изменяется также внутри вида и даже индивидуально (Sandoval, 1994). Пауки могут в результате накопленного опыта и сигналов из окружающей среды регулировать и изменять размеры и форму ловчих сетей.

Значительное влияние на форму, размеры и рисунок сети оказывают насекомые, которые служат основным источником пищи пауков. Вид и размеры добычи изменяют рисунок сети. Пауки отвечают на колебания размеров добычи уменьшением, увеличением паутинового полотна или изменением расстояния между ловчими нитями. Вероятно, пауки обладают поведенческим алгоритмом регулирования рисунка своих сетей в ответ на изменение потребности в добыче. Потенциально сеть соответствует условиям, по которым паук классифицирует виды добычи. Пауки получают информацию о размерах пищевых объектов на территории расположения их

ловчей сети, что позволяет регулировать высоту петель и размеры сети в соответствии с размерами пойманной добычи.

Количественный анализ структуры ловчих сетей различных видов пауков-кругопрядов при хроническом действии факторов позволяет проследить адаптации в их строительном поведении. Видовым признаком пауков-кругопрядов является структура их ловчих сетей. Детальное количественное измерение ловчих сетей позволяет точно описать их и провести сравнительный статистический анализ. Количественные промеры ловчих сетей проводятся половозрелых самок по методике эталонных сетей (рис. 1). В ловчих сетях пауков измеряются основные структурообразующие компоненты: длины радиусов, размеры центральной, свободной, ловчей зон, расстояния между ловчими нитями, подсчитывается количество радиусов и ловчих нитей. В отличие от общепринятой методики, дополнительно для определения асимметрии ловчих сетей проводится разбиение ловчих сетей на вертикальные, горизонтальные, левые, правые части. По выделенным частям подсчитывается: число витков в центральной зоне; число ловчих нитей; число радиусов; размеры центральной зоны; размеры свободной зоны; размеры ловчей зоны,



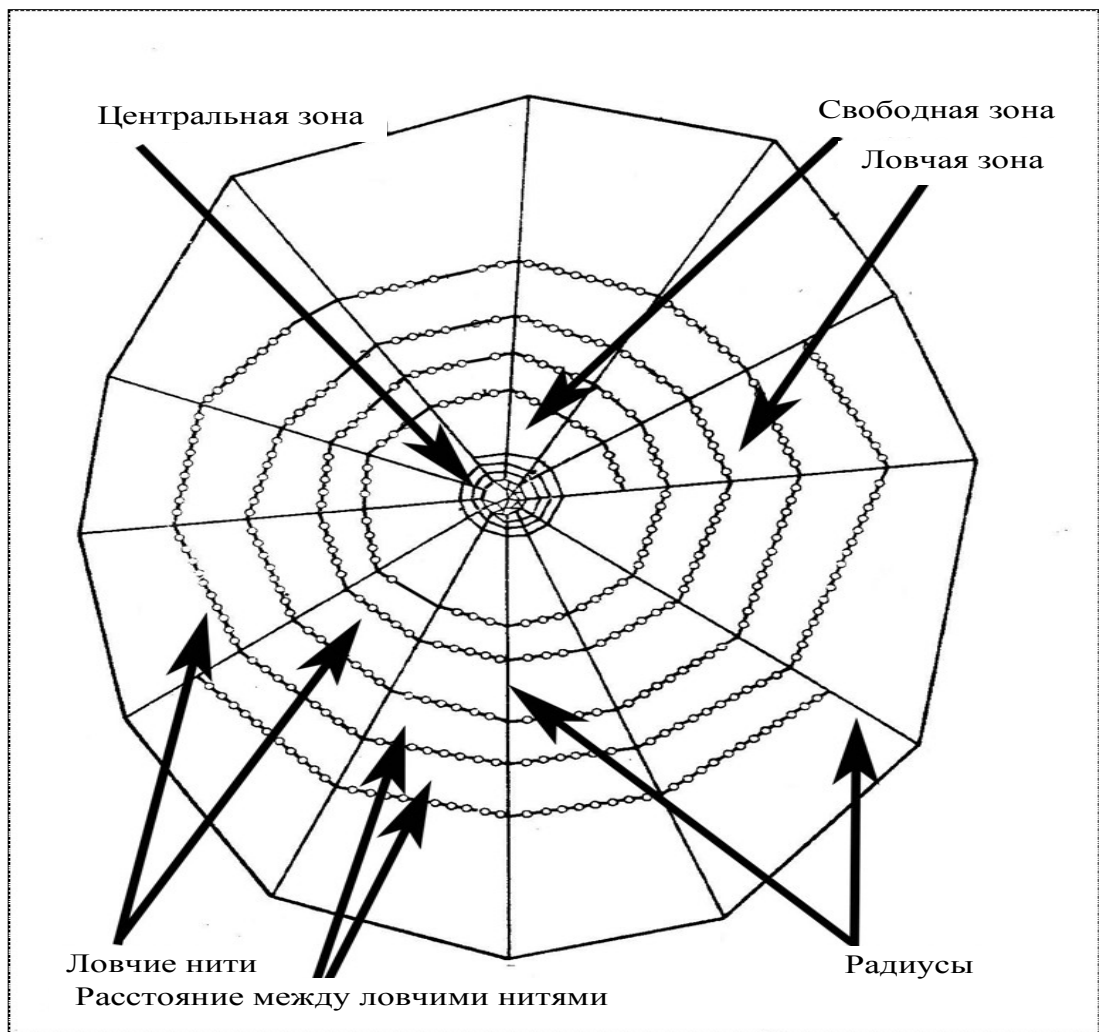


Рис. 1. Эталонная ловчая сеть

В зависимости от экологических условий изменяется поведение пауков при строительстве ловчих сетей. Негативные воздействия приводят к нарушениям строительных поведенческих алгоритмов пауков, которые выражаются в появлении нарушений-аномалий (Рис. 2,3). Количество и характер нарушений существенно зависят от степени экологических воздействий.

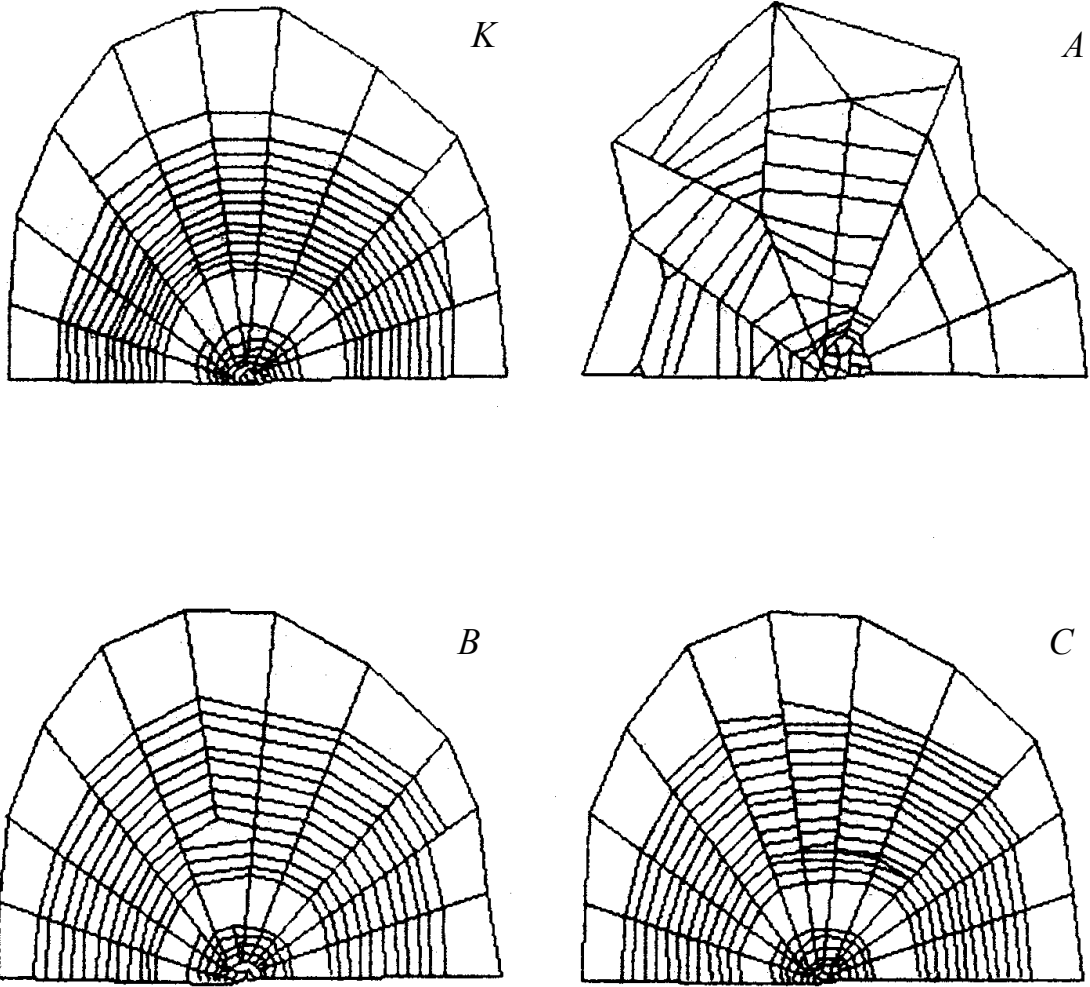


Рис. 2. Типы аномалий в ловчих сетях пауков-кругопрядов:  
*K* — фрагмент эталонной ловчей сети; *A* — абсолютно аномальная сеть; *B* — укороченный радиус; *C* — ступенчатость ловчей спирали

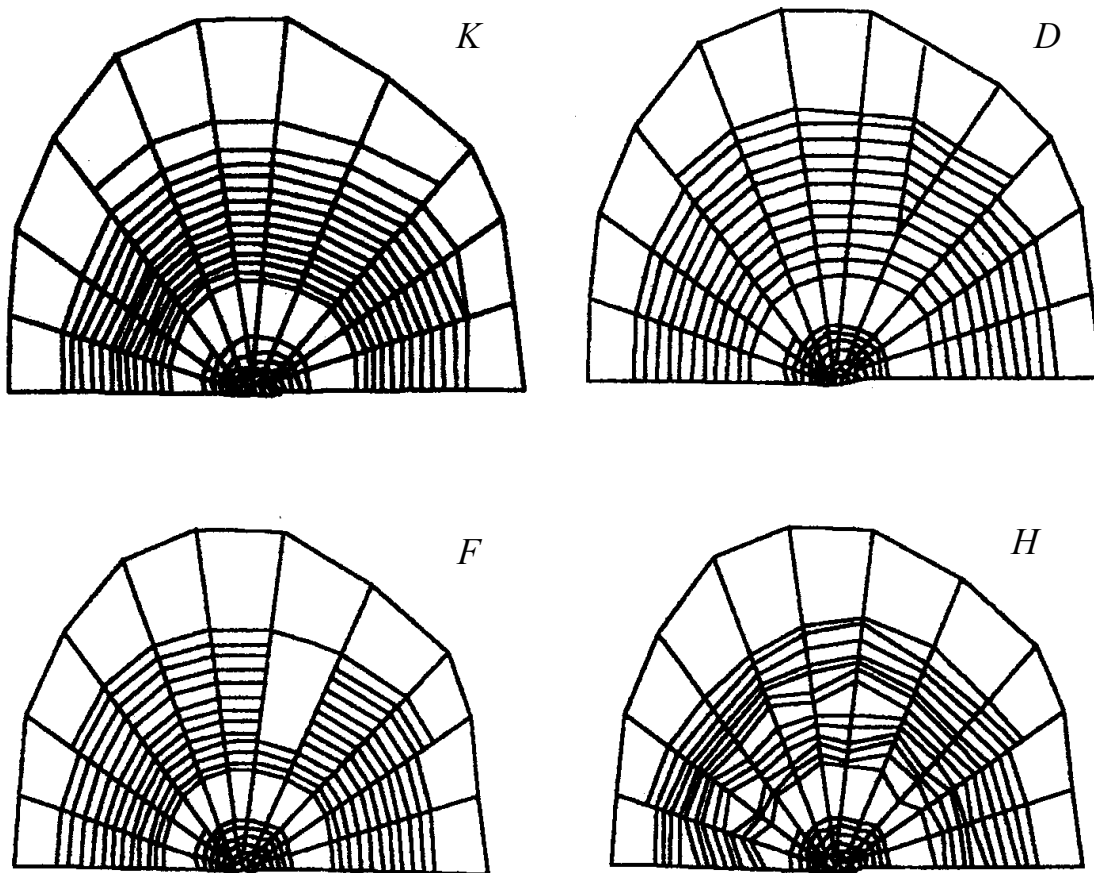


Рис. 3. Типы аномалий в ловчих сетях пауков-кругопрядов:  
*K* — фрагмент эталонной ловчей сети; *D* — раздвоение радиуса;  
*F* — отсутствие ловчих нитей в секторе;  
*H* — ломаная ловчая спираль

**Появление в биотопах деструктивных ловчих сетей приводит в зависимости от интенсивности воздействий к развитию адаптивных реакций, изменению местообитания или гибели животных. Следовательно, структура ловчих сетей пауков может быть использована в качестве биоиндикатора экологического состояния окружающей среды.**

## **МЕТОДИКИ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМНОВОДНЫХ И ПРЭСМЫКАЮЩИХСЯ**

**Инвентарь для отлова и транспортировки.** Включает сачок, фиксационные планки, перчатки-краги, мешки с вязками, транспортировочный ящик.

**Инвентарь для содержания животных в террариуме.** Используются зажимы, щетки-сметки, пинцеты, зажимы, крючки разного размера, совки.

**Отлов и учет ловчей канавой с цилиндрами.** Выкапывается канавка стандартной длиной 25 м или 50 м. В канавку вкапывают цилиндры или конусы. Их высота составляет 55-60 см, диаметр – 25-30 см.

**Консервация земноводных и пресмыкающихся.** Используется 10% водный раствор формалина или 70% водный раствор этилового спирта.

**Оформление этикетки.** Указывается видовое название на латыни и русском языке, дата, место отлова, биотоп.

### **Количественный учёт**

К наиболее распространённым методам учёта относятся маршрутный метод, учёт на пробных площадках, учёт ловчими траншеями.

**Учёт на маршрутах.** Основные требования при проведении маршрутных учётов:

1. Маршрут должен проходить в пределах одного биотопа;
2. Учёты следует вести при наиболее благоприятных для вида условиях и времени суток;
3. Учёт прекращается при сильном ветре, в дождь и т.п.

Данные, фиксируемые в ходе учёта:

описание биотопа;  
состояние погоды в начале, конце и входе учёта;  
время начала и конца учёта;  
вид животного, его пол и возраст;  
другое (поведение, направление движения, встречи мёртвых животных, состояние животных и т.д.).

### **Учёт на пробных площадках**

Схема обследований во время учёта на пробных площадках. Используется 2 варианта: 1) случайное хаотическое обследование; 2) планомерное обследование площадки.

### **Учёт ловчими траншеями**

Проводится стандартными траншеями, конусами и цилиндрами. Траншеи необходимо проверять не реже одного раза в сутки.

### **Метод мечения и повторного отлова**

С этой целью проводится ампутация пальцев у амфибий и рептилий. У змей подрезаются боковые щитки. У черепаха делаются пропилы на краевых щитках карапакса. Мечение осуществляется согласно принятым схемам, в которых предусмотрена определенная нумерация пальцев и щитков ( Martof, 1953).

При оценке численности с помощью мечения и повторного отлова используется формула Петерсона (индекс Линкольна):

$$N=Mn/m, \text{ где:}$$

*N* – общая численность животных в популяции;

*M* – число меченных животных;

*n* – общая численность животных в повторной выборке;

*m* – число меченных животных в повторной выборке.

Учёт самцов бесхвостых земноводных в период размножения. Проводится визуально в часы максимальной активности вокализирующих животных.

Учёт икры. Проводится регулярно до конца сезона в период икрометания. Подсчитывается количество кладок, а также среднее количество яиц в одной кладке.

#### Учёт головастиков

1. Учёт сачком (50х40 см);
2. Визуально – подсчёт головастиков на единицу площади (применим для бесхвостых земноводных и только в первые часы выклева личинок);
3. Учёт биоценометром (0,5х0,5х0,6 м).

Учёт сеголеток. Проводится при помощи биоценометра на разном удалении от берега: 0-1, 1-2, 2-5, 5-10 м.

#### **Земноводные Томской области** Отряд Хвостатые земноводные

*Salamandrella keyserlingii* – сибирский углозуб  
*Triturus vulgaris* – обыкновенный тритон

#### Отряд Бесхвостые земноводные

*Bufo bufo* – серая, или обыкновенная жаба  
*Rana arvalis* – остромордая лягушка  
*Rana amurensis* – сибирская лягушка  
*Rana ridibunda* – озерная лягушка

## Пресмыкающиеся Томской области

### Отряд Чешуйчатые

*Lacerta agilis* – Прыткая ящерица

*Zootoca vivipara* – Живородящая ящерица

*Natrix natrix* – Уж обыкновенный

*Vipera berus* – Гадюка обыкновенная

## МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГНЕЗДОВОЙ ЖИЗНИ И МИГРАЦИЙ ПТИЦ

Жизненный цикл птиц состоит из весенней миграции, гнездования, осенней миграции и зимовки.

### Размножение птиц

#### 1. Образование пар

*Моногамы* – птицы, образующие пары: на всю жизнь (лебеди, совы, крупные хищники) или сезонные (певчие воробьиные).

*Полигамы* – не образуют пары (куриные, кулики).

В период образования пар наблюдается токование – пение, токовые полеты, особые позы, «танцы», турниры.

Для многих видов птиц характерен половой диморфизм по окраске оперения (отряды Утиных, Куриных). У ряда видов птиц окрасочный половой диморфизм отсутствует (семейства Врановых, Славковых).

#### 2. Гнездостроение

Гнезда разной степени сложности: от простой ямки на земле до искусных построек. Материал чаще растительного происхождения (трава, мох, лишайники, береста, ветки). Паразитические виды подбрасывают яйца в чужие гнезда и не участвуют в насиживании кладки и выкармливании птенцов.

У гнезда берутся следующие промеры: наружный диаметр, диаметр лотка, высота и глубина лотка. Указывается субстрат, на котором расположено гнездо и высота размещения над землей.

Ярусные группы птиц по месту расположения гнезда

**Наземный ярус.** Тетеревиные, Гусеобразные, Ржанкообразные (кулики и чайки)

**Травянисто-кустарниковый ярус.** Славковые, некоторые Вьюрковые.

**Древесный ярус.** Включает открытогнездящиеся виды (Врановые, Дроздовые) и дуплогнездников (Мухоловковые, Дятлообразные). Для привлечения дуплогнездников широко используются искусственные гнездовья разного размера.

### 3. Откладка яиц

Величина кладки – видоспецифичный признак, но может варьировать в зависимости от кормовой базы, возраста самки. Кладка считается полной, если количество яиц при последнем осмотре не увеличилось, и птицы приступили к насиживанию.

Измерение яиц проводится с помощью штангенциркуля с точностью до 0.1 мм. В полевых условиях измеряют длину и максимальный диаметр яиц. Можно сфотографировать кладку с использованием масштабной линейки и в камеральных условиях вычислить необходимые размеры.

### 4. Насиживание

Комплекс поведенческих актов птиц по регуляции режима инкубации яиц и защите гнезда. Изучение режима насиживания производится визуально из укрытий, а также с применением различных устройств, позволяющих в автоматическом режиме следить за температурой кладки.

Длительность инкубационного периода (в днях) составляет: у кукушки 11-12, певчие воробьиных – 11-13, лесных голубей – 14-16, куриных – 20-26, серого журавля – 28-30, крупных хищников – 45-60.

### 5. Вылупление птенцов

Птенец освобождается от скорлупы самостоятельно с помощью «яйцевого зуба» – твердое роговое утолщение на конце надклювья, служит для разбивания скорлупы. Сначала появляется трещина (наклев) и затем серия проклевов по экватору.

По степени развитости птенцов при вылуплении птиц делят на выводковых и птенцовых (большинство певчих птиц) и выводковых (кулики, куриные, гусеобразные).

## Методы количественного учета птиц

Птицы признаны одной из наиболее удачных модельных групп наземных позвоночных для мониторинга состояния окружающей среды. Методически учеты разделяются на маршрутные, точечные и площадочные.

### Маршрутные учеты

Маршрутный учет имеет более высокую производительность по сравнению с остальными методами учета – как по величине обследованной территории, так и по количеству птиц, учтенных в течение заданного времени. В настоящее время наиболее распространенной является методика Ю.С. Равкина (1967) по группам заметности с более поздними дополнениями (Равкин, Ливанов, 2008). Птиц учитывают на строго фиксированных постоянных маршрутах с интервалом между учетами две недели и нормой километража не менее 5 км в каждом. Более короткие маршруты проводятся с большей частотой. По мере отработки материала производился пересчет обилия птиц сухопутных местообитаний на объединенный км<sup>2</sup>, водных – на 10 км береговой линии.

Непосредственно на учетах и при обработке их результатов, эмпирически птицы разделяют по дальностям их фактического обнаружения на пять групп: 1) птицы, обнаруженные близко до 25 м от учетчика; 2) недалеко – в 26-100 м от учетчика; 3) далеко – от 101 до 300 м от учетчика; 4) очень далеко – 301 до 1000 м от учетчика; 5) чрезвычайно далеко – > 1000 м. Расстояния определяются глазомерно и приблизительно. Возможные ошибки отнесения части птиц не в те группы выравниваются массовостью материала. Для близко заметных средняя дальность обнаружения равна примерно 12,5 м, для второй группы около 50 м и для далеко заметных – около 150-180 м. Зная соотношение близко, недалеко и далеко обнаруживающихся особей, можно сравнительно точно вычислить среднюю дальность обнаружения вида.

Чтобы избежать занижения показателей обилия птиц со значительной разницей в дальности обнаружения отдельных особей следует отдельно пересчитывать на площадь число птиц каждой группы. Для упрощения подсчета можно ввести постоянные множители, подобно групп дальностей обнаружения. Постоянный множитель равен: для особей, обнаруживающихся близко – 40; замеченных недалеко – 10; встреченных далеко – 3; очень далеко – 1; чрезвычайно далеко – 0,5. Формула для расчета плотности населения:

$$K = \frac{40б + 10н + 3д + 1оч.д. + 0,5ч.д.}{км}$$

где K – количество особей на 1 км<sup>2</sup>, б – число птиц, замеченных в момент обнаружения близко, н – недалеко, д – далеко, оч. д. – очень далеко, ч. д. – чрезвычайно далеко, км – пройденное расстояние в километрах.

### Точечные учеты



Предпочтительны для менее подвижных птиц и для более закрытых (густой лес) и сложно мозаичных местообитаний. Расстояние между точками в густом лесу 200-250 м, при изучении малозаметных птиц – 50 м, в открытых биотопах – 350-400 м. Для обычных птиц требуется не менее 50 точечных учетов в каждом местообитании. Для редких видов птиц число проб увеличивается. Длительность учета птиц в одной точке составляет 5-10 минут.

### Площадочные учеты

Учеты проводятся на специально выбранной площадке, которая посещается 8-12 раз в течение гнездового сезона. Обнаруженные птицы и найденные гнезда отмечаются на карте посещения. Рекомендуемая величина учетной площадки в лесных биотопах – 20-30 га, в открытых – 40-100 га. Для точности нанесения на карту зарегистрированных пар (поющих самцов) площадку следует разметить на пронумерованные квадраты (кварталы) со стороной не более 50 м в лесу и не более 100 м в открытом биотопе. Маршрут движения должен покрывать площадку без пропусков. Обычно он имеет челночную форму – в соответствии с его кварталной сеткой и включая внешние границы участка. Итоговые данные учета численности составляются в виде списка видов, числа гнезд, плотности населения каждого вида, определяемой как число самцов-резидентов на 10 га.

### Изучение миграций птиц

#### Классификация птиц по характеру использования территории

1. Оседлые – перелеты не более десятков километров
2. Кочующие – совершают перелеты в сотни километров в пределах одной природной зоны.
3. Перелетные – улетают на зимовку за тысячи км в другую природную зону.

Для предмиграционного периода характерно увеличение потребления пищи сверх уровня, необходимого для поддержания обычной жизнедеятельности (гиперфагия); преобразование избытка питательных веществ в жиры (липогенез) и отложение их в жировое депо тела; отключение обратной связи между жировыми резервами и аппетитом.

#### Отлов и мечение птиц

Используются стационарные ловушки типа Рыбачинской в периоды весенней и осенней миграций, паутинные сети, а также различные

автоматические устройства. Для мечения используются стандартные алюминиевые кольца, цветные кольца, крылометки, шейные метки, а также радиометки.

Спутниковые передатчики имеют массу от 5 до 50 г. Такая радиометка со встроенной батареей периодически связывается со спутником позволяет отслеживать перемещение птицы в относительно непрерывном режиме.

Логеры или геолокаторы – это программируемая микросхема, снабженная хронометром и фотоэлементом. Показания освещенности через определенные интервалы времени записываются в память микросхемы. По уровню освещенности и времени восхода и захода солнца исчисляются координаты птицы с точностью до 50 км. Масса логгера не превышает 1.5 г и не причиняет птице беспокойства.

Скорость полета составляет у мелких воробьиных 30-60 км/ч, аистов и цаплей – 30-40 км/ч, куликов, голубей, уток, соколов – 65-90 км/ч, стрижей – 120 км/ч. Обычная высота полета у мигрирующих птиц равна 1-3 км, отдельные особи достигают высоты 10 км.

На примере полярных крачек, снабженных логгерами, установлено, что общая дистанция весенней и осенней миграции составила 71000 км при скорости 330-520 км в сутки.

#### Гипотезы ориентации птиц

1. Видимые наземные ориентиры (горы, реки, озера, острова).
2. Геомагнитные силы.
3. Солнце, звезды.

Для изучения механизма навигации птиц используются круговые клетки Крамера с расположенными по периметру жердочками. Предпочитаемое направление фиксируется с помощью автоматического устройства. Клетки Крамера также помещают в планетарий и меняют картину звездного неба, тем самым имитируя определенную широту местности. Таким образом моделируется нахождение птицы в разных отрезках миграционного пути.

#### **МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА МЛЕКОПИТАЮЩИХ**

Методы учета численности разделяются на относительные и абсолютные. Относительные учеты дают приблизительное представление об обилии (численности) зверей: больше или меньше их особей обитает в различных биотопах, в каком направлении меняется численность на данном участке по сезонам и годам. Единицей учета служит число млекопитающих по отношению к определенному количеству орудий лова, промежутка времени, отрезка пути. Абсолютные учеты более точны, поскольку позволяют определить численность животных на единицу площади. Существующие способы абсолютного учета весьма трудоемки. Поэтому, несмотря на высокую точность абсолютного учета, для решения ряда задач удобнее пользоваться относительным учетом.

Способы относительного учета делятся на косвенные, не связанные с непосредственным наблюдением и отловом животных и прямые. Рассмотрим некоторые методы относительного косвенного учета зайцеобразных, грызунов и насекомоядных.

### **Оценка численности млекопитающих по биологическим индикаторам**

Численность хищных птиц. Количество хищных птиц зависит от обилия служащих им пищей грызунов. Поэтому эти птицы могут быть использованы в качестве индикатора заселенности угодий мелкими зверьками. Хищные птицы хорошо заметны, и оценка их обилия намного легче, чем учет численности самих зверьков. Пользуясь относительными способами учета численности хищных птиц, можно примерно определить характер размещения грызунов на обширных пространствах, а также оценить численность мелких млекопитающих в разные годы в одном и том же биогеоценозе.

Анализ погадок хищных птиц. Этот способ широко используется для характеристики распространения и соотношения видов мелких млекопитающих изучаемого региона. Обилие погадок у гнезд или мест постоянного отдыха хищных птиц, легкость их обнаружения и сбора позволяют за короткий срок собрать большой материал по видовому составу мелких млекопитающих. Анализ погадок дает возможность уточнить распространение многих редких или плохо попадающихся в ловушки зверьков, составить общее представление о видовых спектрах мелких млекопитающих и выделить среди них доминирующие формы.

Оценка численности по следам деятельности. Проводится по следам на снегу, по количеству кормовых столиков, запасам корма, числу нор. Показателем служит количество следов, нор и т.д. на единицу маршрута или площади.

### **Способы относительного прямого учета численности мелких млекопитающих**

Метод учета на ловушко-линиях. В настоящее время это основной метод оценки численности (обилия) мелких млекопитающих в различных ландшафтах. Стандартной является учетная линия, состоящая из 25 давилок Геро или живоловушек, расставленных по прямой на расстоянии 5 м одна от другой. Каждая ловушка заряжается приманкой, обычно кубика черного хлеба, смоченного нерафинированным подсолнечным маслом. Отлов ведут в течение 4 суток для того, чтобы избежать на попадаемость погодных условий. Проверяют ловушки 1 раз в сутки, рано утром. Показателем обилия служит число зверьков на 100 ловушко-суток.

Метод учета ловчими канавками и заборчиками. С этой целью используют канавки длиной 50 м, шириной и глубиной 25 см (Рис. 4). В каждую канавку

вкапывают 5 жестяных цилиндров (или конусов) диаметром 15-20 см и высотой 40-50 см. Цилиндры располагаются с интервалами в 10 м, при этом по краям канавки оставляется по 5 м. Показателем численности является количество зверьков, отловленных на 100 цилиндро-суток. Канавки могут быть заменены заборчиками высотой 25-30 см из алюминиевого листа или плотного полиэтилена (Рис. 5). Для отлова зверьков служат те же цилиндры, как и в канавках. Уловистость канавок и заборчиков статистически не различается. Это позволяет рекомендовать заборчики для учета численности мелких млекопитающих в заболоченных местах с высоким уровнем грунтовых вод, на каменистых почвах и других местах, где использование ловчих канавок невозможно.

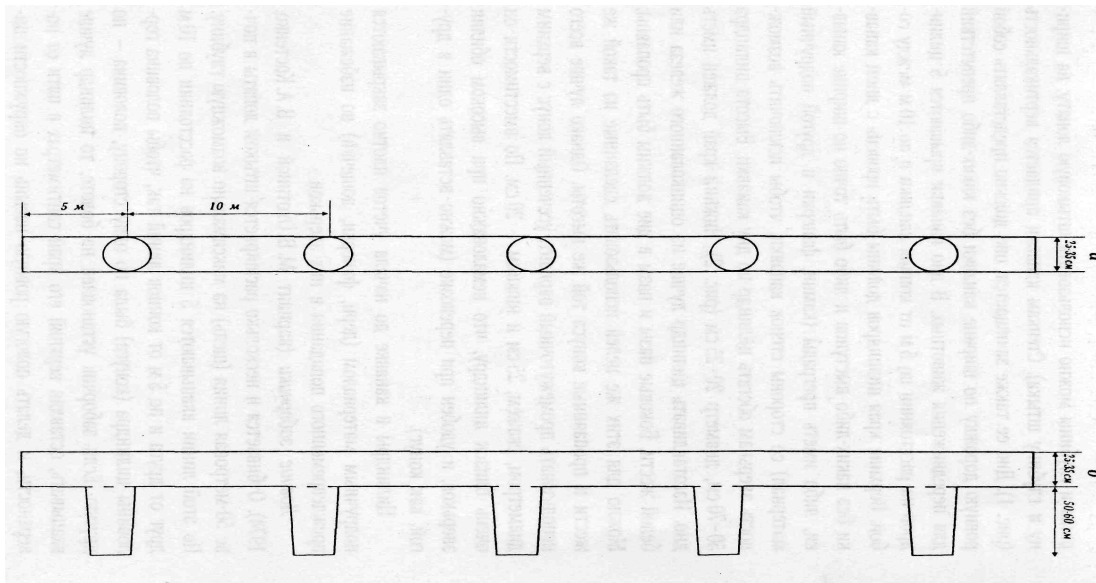


Рис. 4. Схема строения ловчей канавы  
А – вид сверху; Б – поперечный разрез.

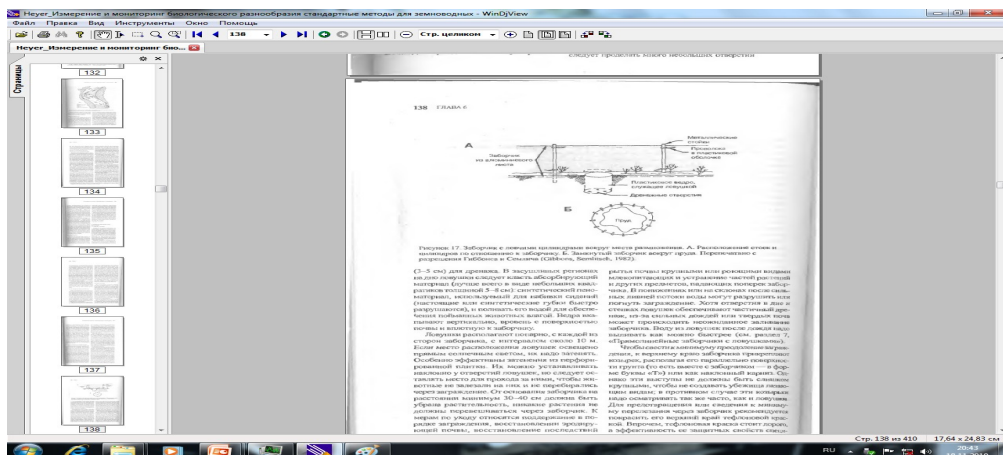


Рис. 5. Учёт ловчими заборчиками. Схема расположения стоек и цилиндров по отношению к заборчику

## **Способы абсолютного учета численности мелких млекопитающих**

Учет численности с помощью мечения зверьков. Пойманных зверьков метят индивидуальными метками и выпускают. Наибольшее распространение получил метод ампутации пальцев в определенном порядке, с помощью которого можно пометить 9999 зверьков. Затем проводят повторный отлов. На основании отношения числа меченых животных в данной группе к общему количеству пойманных животных оценивается численность всей популяции.

При оценке численности с помощью мечения и повторного отлова используется оценка Петерсона (см. раздел «Методики полевых исследований земноводных и пресмыкающихся»).

Полный вылов зверьков на изолированных площадках. Изоляция достигается огораживанием выбранной площадки различными способами и материалами (жестью, алюминием, толстой полиэтиленовой пленкой). Высота заборчика до 40 см. Внутри огороженной территории в шахматном порядке выставляют много ловушек и выкапывают несколько канавок. Площадь такой площадки может быть от 0,25 до 1 га. Отлов производится до полного вылова зверьков (обычно 5-6 суток). Полученные данные экстраполируют на всю территорию, пригодную для обитания видов млекопитающих в районе исследования.

### **Учет охотничьих животных**

Промысловых животных (хищных и копытных) учитывают в зимнее время по следам на маршрутах и пробных площадках. Показателем численности зверей на линейных учетах является количество пересечений следов на 10 км маршрута. К относительным способам учета охотничьих животных относится их подсчет на водопоях, солонцах и подкормочных площадках. Норных зверей учитывают на пробных площадках по норам до распада их семей, то есть в начале лета.

Для учета копытных и других крупных млекопитающих на больших территориях применяют аэровизуальные методы и учеты с помощью аэрофотосъемки. Учеты проводят на небольших самолетах, вертолетах и беспилотных летательных аппаратах. Ширина учетной полосы зависит от степени открытости угодий и может варьировать от 100 м до 500 м. Аэровизуальный учет может быть сплошным, когда обследуется вся территория и ленточным с последующей экстраполяцией на общую площадь пригодную для обитания животных. Стадных животных учитывают с помощью аэрофотосъемки. Стадо фотографируют и подсчитывают зверей на фотоснимках.

Перспективным методом учета охотничьих животных является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА, пролетая по запрограммированному маршруту на заданной высоте,

проводит фото (видео) съёмку территории в автоматическом режиме. В течение полёта, все получаемые данные фиксируются в цифровом виде, и, в дальнейшем, обрабатываются с помощью специальных компьютерных программ. Результатом полёта является ряд высококачественных цифровых снимков с географическими привязками, отображающих известную площадь. В течение 1 дня возможно провести сплошную съёмку территории площадью около 5-7 тыс. га.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ПО УРОВНЮ АСИММЕТРИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

Гомеостаз – это способность организма поддерживать основные параметры жизнедеятельности на оптимальном уровне.

Стабильность развития (морфогенетический гомеостаз) – способность организма к формированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений (Захаров, 1987).

Симметрия (в биологии) – правильное расположение одноимённых частей тела или органов по отношению к некоторой оси или плоскости.

Флуктуирующая асимметрия – незначительные и ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии биообъектов (Захаров, 1987). Метод ФА основан на регистрации отклонений стабильности развития, которая выступает в качестве чувствительного индикатора состояния природных популяций.

Чем выше уровень изменения среды при антропогенном воздействии, тем выше уровень ФА. Метод флуктуирующей асимметрии доведён до стандарта и утверждён Министерством природных ресурсов РФ и Росэкологией.

Достоинства метода флуктуирующей асимметрии:

- универсальность применения – пригоден для оценки состояний водной и воздушной сред;
- универсальность в отношении используемых объектов. В качестве биоиндикаторов могут выступать представители различных систематических групп: растения, рыбы, земноводные и млекопитающие;
- относительно низкая стоимость.

Качество среды – состояние среды, необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. При этом степень отклонения среды от нормального состояния определяется по нарушению стабильности развития (величине ФА).

**Балльная шкала оценки качества среды по уровню стабильности развития**

Стабильность развития в баллах	Качество среды
1 балл	Условно нормальное
2 балла	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
3 балла	Средний уровень отклонений от нормы
4 балла	Существенные (значительные) отклонения от нормы
5 баллов	Критическое состояние

### **Область применения метода флуктуирующей асимметрии:**

- определение состояния организмов;
- определение предельно допустимых нагрузок;
- выявление зон экологического бедствия;
- при проведении работ по проектированию и строительству предприятий;
- оценка эффективности природоохранных мероприятий;
- создание особо охраняемых природных территорий.

### **Этапы проведения оценки состояния среды методом ФА:**

1. Выбор мест сбора материала.
2. Выбор объектов исследований.
3. Сбор полевого материала.
4. Морфометрическая обработка.
5. Математическая обработка полученных результатов.
6. Интерпретация результатов, оценка качества среды.

### **Места сбора материала**

**Фоновый мониторинг** - используются несколько площадок в разных биотопах, различных по естественным условиям.

**Оценка последствий антропогенного воздействия** - площадки выбираются из максимально сходных по естественным условиям биотопов с разной степенью антропогенной нагрузки, а также из мест не подверженных антропогенной нагрузке для оценки условного фонового уровня.

### **Критерии отбора модельных объектов**

- выбор представителей различных систематических групп;

- выбор фоновых и многочисленных видов;
- выбор видов, обычные миграции которых не выходят за пределы исследуемых территорий.

### **Наиболее часто используемые объекты:**

1. Растения (береза повислая (*Betula pennisila*) и другие виды берёз, произрастающие на территории России).

2. Рыбы: плотва (*Rutilus rutilus*), лещ (*Abramis brama*), щука (*Esox lucius*)

3. Земноводные: озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus*), травяная лягушка (*Rana temporaria*).

4. Млекопитающие: полевая мышь (*Apodemus agrarius*), рыжая полёвка (*Clethrionomys glareolus*).

### **Отбор проб полевого материала**

#### **Деревья**

- Сроки сбора – после остановки роста листьев.
- Объём выборки – 100 листьев: по 10 листьев с 10 растений.
- Необходимо использовать деревья, достигшие генеративного состояния.
- Листья собираются из нижней части кроны равномерно вокруг дерева.
- Размер листьев должен быть типичным для данного растения.

#### **Животные**

(рыбы, земноводные и млекопитающие)

- Рекомендуемый объём выборки – 20 особей.
- Выборки должны состоять из особей сходного возраста.
- Для оценки текущей ситуации используются сеголетки.

### **Морфометрическая обработка**

(на примере схемы морфологических признаков, использованных для оценки стабильности развития березы повислой)

1- ширина левой и правой половинок листа (Рис. 6).

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.



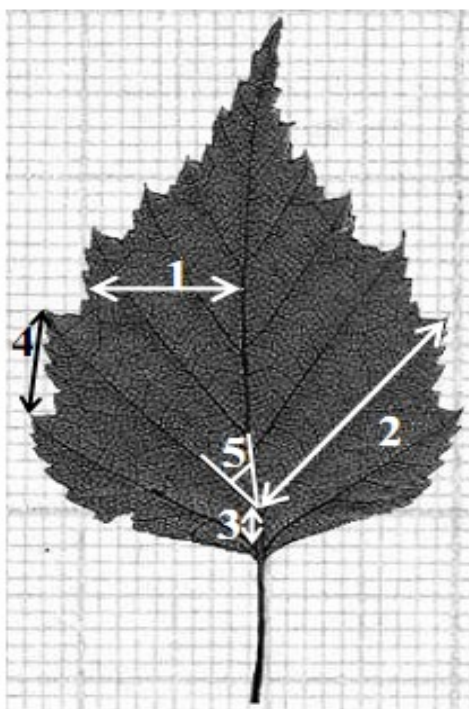


Рис. 6. Схема промеров листа березы повислой

**Математическая обработка результатов**  
Мерные признаки

1. Относительная величина асимметрии по каждому признаку

$$\frac{|L-R|}{|L+R|},$$

где L - промер слева, а R – справа.

2. Среднее относительное различие между сторонами на признак (рассчитывается вначале отдельно для каждого листа, а затем для всего растения в целом).

Счётные признаки

Используется средняя частота асимметричного проявления на признак:

$$n/N,$$

где **n** – количество асимметричных признаков, а **N** – общее количество исследованных признаков

Сравнение выборок по интегральным показателям асимметрии производят с использованием t-критерия Стьюдента. Интегральные показатели переводятся в балл по специальным шкалам, разработанным для каждой систематической группы

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

## СТАТИСТИКА

**Генеральная совокупность** – совокупность всех **объектов**(единиц), относительно которых учёный намерен делать выводы при изучении конкретной проблемы. Генеральная совокупность состоит из всех объектов, которые подлежат изучению. Состав генеральной совокупности зависит от целей исследования.

Среднее значение по районам называется выборочной. Между выборочной и генеральной совокупностью необходимо определить уровень достоверности. Основным критерием является средний и доверительный интервал. Для того, чтобы определить доверительный интервал измеряется средняя квадратная ошибка

**Средняя арифметическая.** Наиболее распространенной формой статистических показателей является **средняя величина**, которая представляет собой обобщенную количественную характеристику признака в выборке в конкретных условиях места и времени. Показатель в форме средней величины выражает типичные черты и дает обобщенную характеристику однотипных явлений по одному из варьирующих признаков. Средняя арифметическая **невзвешенная** используется в тех случаях, когда расчет осуществляется по несгруппированным данным:

Если значения  $X$  заданы в виде интервалов, то для расчетов используют середины интервалов  $X$ , которые определяются как полусумма верхней и нижней границ интервала. А если у интервала  $X$  отсутствует нижняя или верхняя граница (открытый интервал), то для ее нахождения применяют размах (разность между верхней и нижней границей) соседнего интервала  $X$ .

### Доверительный интервал

**Доверительным** называется **интервал**, который с заданной надежностью покрывает оцениваемый параметр. Для оценки математического ожидания случайной величины, распределенной по

нормальному закону, при известном среднем квадратическом отклонении служит доверительный .

### **Критерий Стьюдента**

Биометрический показатель достоверности разницы ( $t_d$ ) между средними значениями двух сравниваемых между собой групп животных ( $M_1$  и  $M_2$ ) по какому-либо признаку. Полученное значение  $t_d$  сравнивается с табличными, определяющими уровень значимости оценки: 95%, 99%, 99,9%, принятыми в биологических исследованиях.

В случае превышения полученного значения  $t_d$  над табличным разница считается статистически достоверной.

Наиболее часто  $t$ -критерий используется в двух случаях. В первом случае его применяют для проверки гипотезы о равенстве генеральных средних двух независимых, несвязанных выборок (так называемый двухвыборочный  $t$ -критерий). В этом случае есть контрольная группа и опытная группа, состоящая из разных пациентов, количество которых в группах может быть различно. Во втором же случае используется так называемый парный  $t$ -критерий, когда одна и та же группа объектов порождает числовой материал для проверки гипотез о средних. Поэтому эти выборки называют зависимыми, связанными. Например, измеряется содержание лейкоцитов у здоровых животных, а затем у тех же самых животных после облучения определенной дозой излучения. В обоих случаях должно выполняться требование нормальности распределения исследуемого признака в каждой из сравниваемых групп.

Для нормального распределения характерна симметричная кривая колоколообразной формы, которая описывается средней величиной и квадратичным отклонением от средних значений.

Для большинства экологических значений характерно ненормальное распределение, то есть ассиметричное. При этом для оценки уровня достоверности между выборками используются и непараметрические критерии статистики: метод  $\chi^2$ , критерий Вилкоксона и др.. Достоверность значения хи-квадрат определяется по специальным таблицам и является мерой отличия наблюдаемых значений между собой или опытных от теоретических.

Одним из важнейших критериев необходимого количества экспериментов наблюдений является определение достоверной численности выборки для получения точных результатов. Расчет по определению необходимого количества экспериментов

Нормальным распределением называется такое распределение величин, которое имеет сигмообразную форму и среднее значение.

Одним из важнейших критериев экспериментов и полевой работы является определение достоверной численности выборки для получения

точных результатов с использованием критерия Стьюдента, погрешности метода измерения и вариабильности наблюдений.

Второй особенностью биологических данных лабораторных, полевых работ является поиск корреляционных зависимостей. Особенно это характерно для работ в природных условиях. Один из основных методов сравнения – линейная корреляция.

### **Линейная корреляция**

В ряде случаев важно знать изменяются ли две переменные независимо друг от друга, или варьирование одного признака связано с изменчивостью другого. В качестве второй переменной часто выступает какой-либо фактор среды. Для изучения сопряженной изменчивости применяются методы корреляционного и регрессионного анализов. Например, для любого животного можно определить массу ( $M$ ) и длину ( $L$ ) тела. Отдельная варианта несет два значения ( $L, M$ ). Множество вариантов можно отобразить графически как точки на плоскости осей двух признаков  $M$  и  $L$ . В итоге вся выборка предстанет в виде множества точек на плоскости (двухмерное рассеяние).

Корреляция – это связь между статистическими вариациями (выборками) по различным признакам, между влияниями каких-либо двух факторов, формирующих данное статистическое распределение. Коэффициент корреляции – это математический показатель силы (тесноты) связи между двумя сопоставляемыми статистическими признаками. По какой бы формуле ни вычислялся коэффициент корреляции, его величина колеблется в пределах от  $-1$  до  $+1$  (Рис.7). Смысл крайних значений коэффициента состоит в следующем: если коэффициент корреляции равен  $1$ , значит, связь между признаками однозначна (функциональная) по типу прямо пропорциональной зависимости; если коэффициент корреляции равен  $(-1)$ , то связь также является функциональной, но по типу обратной пропорциональности. Нулевая величина коэффициента корреляции говорит о полном отсутствии связи (по типу линейной) между признаками.

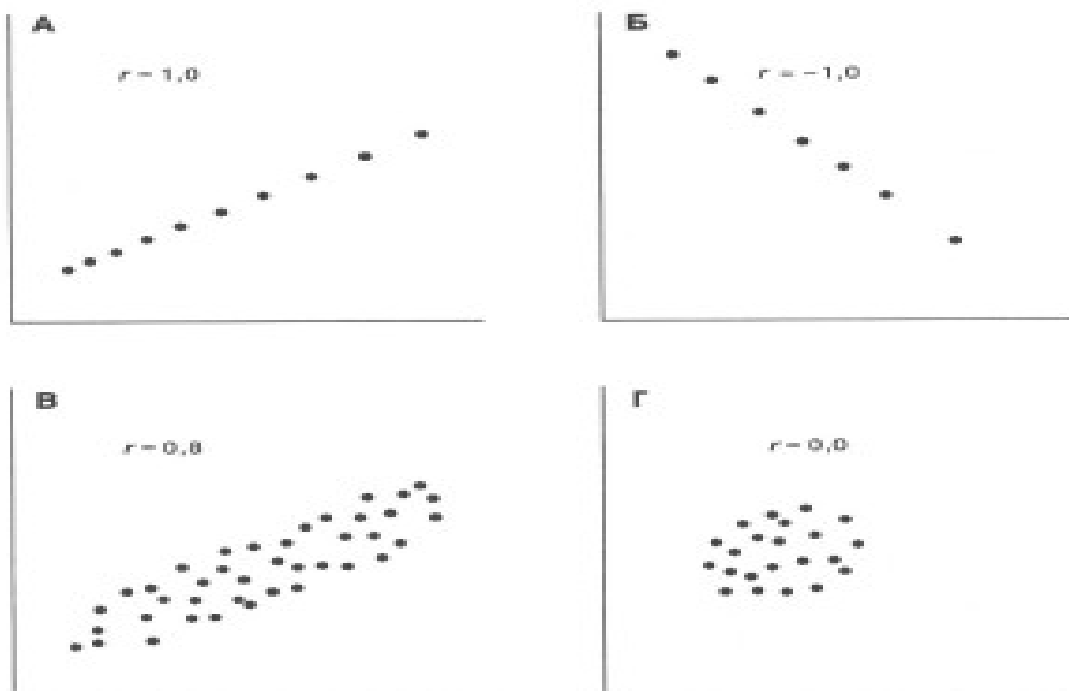


Рис. 7. Чем теснее связь между переменными, тем ближе абсолютное значение коэффициента корреляции к 1.

Всякое вычисленное (эмпирическое) значение коэффициента корреляции должно быть проверено на статистическую значимость. Если эмпирическое значение меньше табличного для 5-процентного уровня, корреляция не является значимой. Если вычисленное значение коэффициента корреляции больше табличного для  $P = 0,01$ , корреляция статистически значима (существенна, реальна). В случае, когда величина коэффициента заключена между двумя табличными, на практике говорят о значимости корреляции для

$P = 0,05$ . О тесной (сильной) корреляции обычно говорят в тех случаях, когда коэффициент корреляции не ниже  $\pm 0.7$ . Значения ниже  $\pm 0.7$  указывают на среднюю связь, ниже  $\pm 0.3$  – на слабую, а равный  $\pm 0.2$  и меньше – на очень слабую и часто вообще не учитывается.

### Коэффициент ранговой корреляции Спирмена

Относится к непараметрическим методам оценки связи. Используют при сильных отклонениях изучаемого распределения от нормального и когда требуется оценить зависимость между качественными признаками (оценки в баллах или других условных единицах).

### Вычисление коэффициентов корреляции

В среде Excel используется функция КОРРЕЛ. В среде Statistica 6.0 для коэффициента Пирсона «Основная статистика/таблицы»→ «Корреляционные матрицы», для коэффициента Спирмена – «Непараметрическая статистика» → «Корреляции».

### Линейная регрессия

Коэффициент корреляции указывает лишь на степень связи двух переменных величин, но не позволяет судить о том, как количественно одна величина по мере изменения другой. На это вопрос позволяет ответить метод регрессии. С помощью регрессии можно установить, как количественно меняется одна величина при изменении другой на единицу.

Уравнение линейной регрессии в общем виде выглядит так:

$$y = a + bx$$

Здесь  $y$  и  $x$  представляют собой коррелирующие величины,  $a$  – константа (первоначальное значение  $y$  при  $x=0$ ),  $b$  – угловой коэффициент (коэффициент пропорциональности). Константу иногда называют также свободным членом, а угловой коэффициент – регрессионным или  $B$ -коэффициентом. Подставляя в уравнение любые значения  $x$ , мы получим соответствующие значения  $y$ , и таким образом сможем построить на графике теоретическую линию регрессии. Эмпирические значения коэффициентов регрессии должны быть проверены на статистическую значимость, для чего вычисляются соответствующие стандартные ошибки. Также необходимо вычислить доверительную область для линии регрессии. В среде Statistica 6.0 эти операции, включая вычисление уравнения регрессии и построение теоретической линии регрессии, выполняются в автоматическом режиме.

## Цитируемая литература

Богатов, В.В. Организация научно-исследовательских работ: учебное пособие. Владивосток: «Дальнаука», 2008.-259 с.

Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.

Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука. 216 с.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия: Учебное пособие. Петрозаводск, 2005. 104 с.

Карташев А. Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. «СКК-ПРЕСС», 1999.-224 с.

Карташев А.Г., Карташева А.А. Структура ловчих сетей пауков-кругопрядов. ТУСУР, Томск, 2009. 120 с.

Карташев А.Г. Экологические аспекты нефтедобывающей отрасли Западной Сибири. ТУСУР, Томск, 2007,218 с.

Карташев А. Г. Влияние хронических факторов в постнатальном онтогенезе животных. «В-Спектр», Томск, 2010.-122 с.

Карташев А.Г., Смолина Т.В. Влияние нефтезагрязнений на почвенных беспозвоночных животных. В-Спектр, Томск. 2011. 146 с.

Московченко А.Д. Автотрофность: фактор гармонизации фундаментально-технологического знания. «Твердыня», Томск, 2003.-248 с.

Плеханов Г.Ф. Методы научных исследований в естествознании. Томск, ТМЛ-Пресс, 2007.-222 с.

Руководство по летней учебной практике студентов-биологов на Звенигородской биостанции им. С.Н. Скадовского. М.: Изд-во МГУ, 2004. 352 с.