

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им М.АКМУЛЛЫ

**РУКОВОДСТВО ПО ПРОВЕДЕНИЮ  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ОБЛАСТИ БИОЛОГИИ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

УФА 2008

УДК 582.26  
ББК 28.591  
Р 74

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Башкирского государственного педагогического университета  
им. М.Акмуллы*

**Руководство по проведению научных исследований в области биологии для студентов и аспирантов / сост. Л.А.Гайсина, А.И.Фазлутдинова, Ю.З.Габидуллин [Текст]. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2008. – 72с.**

В пособии рассмотрены основы организации научно-исследовательской деятельности по биологии: методы сбора информации, проведение исследований, статистическая обработка и оформление результатов.

Данное издание предназначено для студентов и аспирантов естественно-географического факультета.

Составители: Л.А. Гайсина, канд. биол.наук, доц.;  
А.И. Фазлутдинова, канд. биол. наук, доц.;  
Ю.З. Габидуллин, ассистент.

Рецензенты: И.Е.Дубовик, д-р биол. наук, проф. (БГУ);  
О.А.Абросимова, канд. биол. наук, доц. (БГПУ)

ISBN 978-5-87978-538-8

© Издательство БГПУ, 2008

## Содержание

Введение .....	4
Общее понятие о науке и научных методах .....	5
Этапы научно-исследовательской работы.....	8
Сбор материала и принципы работы с ним .....	10
Методика проведения исследований .....	12
Техника выполнения рисунков в биологии.....	16
Микроскопические методы .....	18
Общее понятие о статистике .....	32
Представление данных .....	34
Описательная статистика .....	42
Индуктивная статистика.....	49
Оформление результатов исследования .....	60
Литература .....	63
Приложения .....	64

## Введение

Изучение любой науки предполагает не только усвоение определенной суммы знаний, но и умение самостоятельно проводить научные исследования и публиковать их результаты. Как писал ученый-педагог и философ С.И.Гессен, «овладеть методом науки можно, только применяя этот метод к решению конкретных проблем опытного знания» (Гессен, 1995).

Биологическое образование способствует формированию понимания жизни как величайшей ценности. Мы являемся свидетелями того, что биология становится лидером естествознания (Комиссаров, 1991). Возрастают требования к качеству подготовки специалистов биологического профиля. Выпускник должен быть готов к решению образовательных и исследовательских задач, ориентированных на научно-исследовательскую работу в предметной области знаний и образовании; использовать современные технологии сбора, обработки и интерпретации полученных экспериментальных данных; владеть современными методами исследований, которые применяются в области естественнонаучного образования.

К сожалению, многие молодые ученые испытывают затруднения при проведении исследований, что негативно отражается на качестве результатов их научно-исследовательской деятельности. Эти трудности во многом связаны с недостатком литературы, посвященной методике организации исследований.

Данное руководство предназначено для студентов и аспирантов биологических специальностей. Приводятся практические рекомендации по организации всех этапов научно-исследовательской деятельности: сбора информации, проведения опытно-экспериментальной работы, статистической обработки результатов, оформления работы. Кроме того, представлена необходимая информация о правилах работы с микроскопом, технике приготовления окрашенных препаратов. В приложении приводятся таблицы по математической статистике и словарь терминов по научно-исследовательской деятельности.

## Общее понятие о науке и научных методах

*Наука* – это сфера исследовательской деятельности, направленная на получение новых знаний о предметах и явлениях. Главная функция науки – *исследование* (Пономарева и др., 2003).

*Научные знания* – это совокупность фактической информации о материальном мире, накопленная посредством *научного метода* (Грин и др., 1996).

Чтобы удовлетворить собственную любознательность, ученые должны постоянно ставить вопросы, касающиеся устройства окружающего мира, и находить верные ответы. В этом залог успеха науки.

Как говорил А.Эйнштейн, «сформулировать проблему часто бывает важнее, чем найти ее решение, которое нередко зависит от умения пользоваться математическим аппаратом и опыта экспериментатора. Умение ставить новые вопросы, видеть новые возможности, рассматривать старые проблемы под новым углом зрения требует творческого воображения и приводит к подлинным успехам в науке» (Грин и др., 1996).

Научная работа может явиться продолжением уже сделанных наблюдений или может быть следствием некоего внутреннего «индуктивного» процесса, происходящего в умах ученых. Истинно научные утверждения, как подчеркивает современный гносеолог Карл Поппер, должны быть в принципе опровержимыми. Это означает, что данные должны быть доступны для проверки и воспроизведения другими исследователями. Поэтому очень важно, чтобы все научные исследования были полностью и ясно описаны. Если при повторных исследованиях в одинаковых условиях получены одинаковые результаты, то их можно признать достоверными. Знания, которые невозможно проверить таким образом, относятся к разряду «метафизических», а не научных (Грин и др., 1996).

*Факты* основываются на прямых или косвенных *наблюдениях*, выполненных с помощью органов чувств или приборов, таких, как свето- или радиотелескопы, световые и электронные микроскопы, осциллографы, действующих как усилители чувств. Все факты, относящиеся к конкретной проблеме, называются *данными*. Наблюдения могут быть *качественными* (т.е. описывать цвет, форму, вкус, внешний вид и т.д.) или *количественными*. Количественные наблюдения являются более точными. Они включают измерение величины или количества, наглядным выражением которых могут служить качественные признаки.

В результате наблюдений получают так называемый «сырой материал», на основе которого формулируется гипотеза (рис.1). *Гипотеза* – это основанное на наблюдениях предположение, с помощью которого можно дать убедительное объяснение наблюдаемых явлений. Эйнштейн подчеркивал, что гипотеза выполняет две функции:

1) она должна объяснять все наблюдаемые явления, относящиеся к данной проблеме.

2) она должна вести к предсказанию новых знаний. Новые наблюдения (факты, данные), подтверждающие гипотезу, будут способствовать ее упрочению, тогда как наблюдения, противоречащие гипотезе, должны привести к ее изменению или даже к отказу от нее.

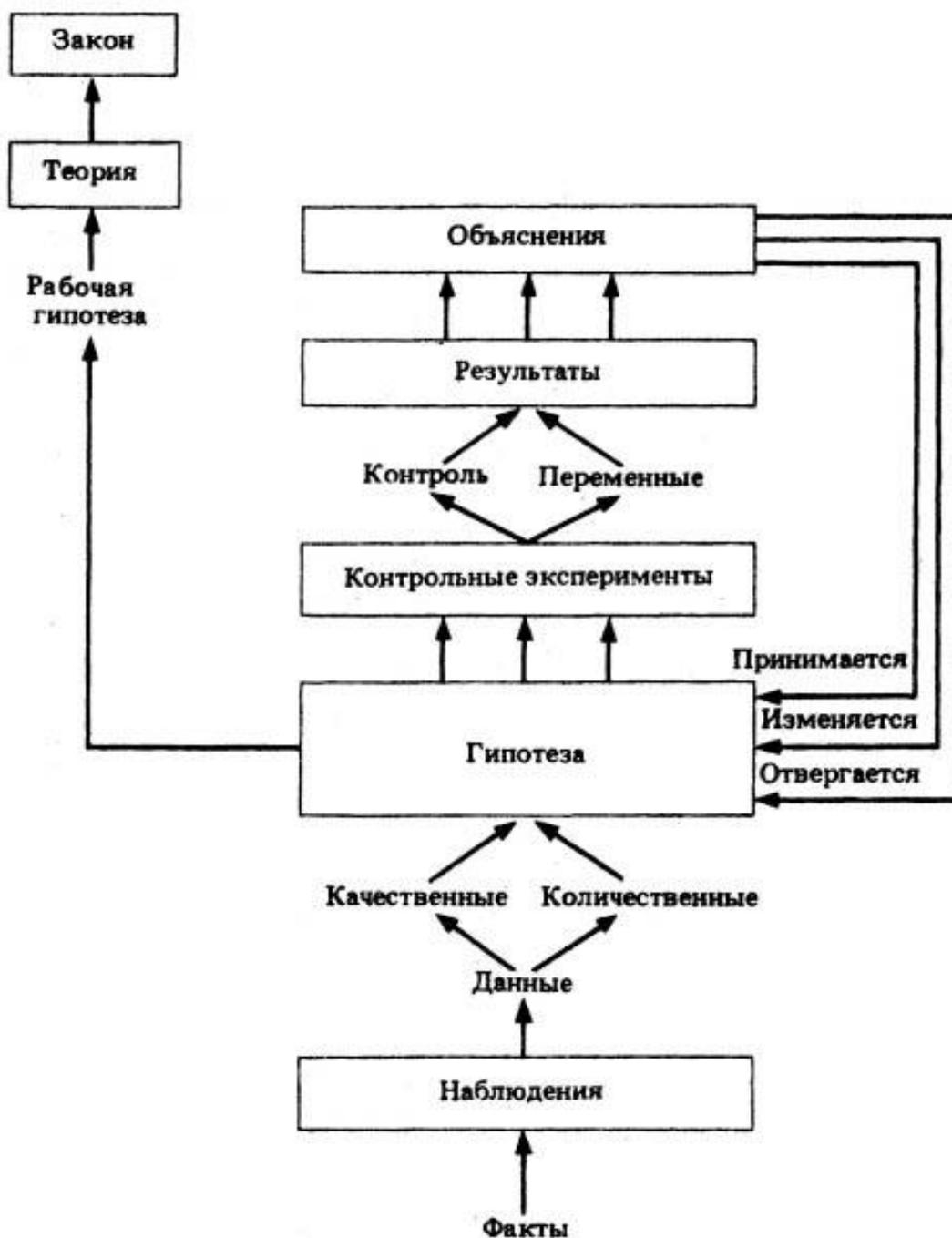


Рис.1. Схематичное изображение научного метода (Грин и др., 1996).

Для того чтобы оценить обоснованность гипотезы, необходимо запланировать серию экспериментов в целях получения новых результатов, подтверждающих или противоречащих гипотезе. В большинстве гипотез обсуждается ряд факторов, которые могли бы повлиять на результаты научных наблюдений; эти факторы называются *переменными*. Гипотезы можно объективно проверить в серии экспериментов, в ходе которых поочередно исключается по одной из предполагаемых переменных, влияющих на результаты научных наблюдений. Указанная серия экспериментов называется *контрольной*. В каждом конкретном случае проверяется влияние только одной переменной.

Наиболее удачная гипотеза становится *рабочей гипотезой*, и если она способна устоять при попытках ее опровержения и по-прежнему удачно предсказывает ранее необъясненные факты и взаимосвязи, то она может стать *теорией*.

Общее направление научного исследования состоит в достижении более высоких уровней предсказуемости (вероятности). Если теорию не способны изменить никакие факты, а встречающиеся от нее отклонения регулярны и предсказуемы, то ее можно возвести в ранг *закона*.

По мере увеличения совокупности знаний и совершенствования методов исследования гипотезы и даже прочно укоренившиеся теории могут оспариваться, видоизменяться и даже отвергаться. Научные знания по своей природе динамичны и рождаются в процессе полемики, а достоверность научных методов постоянно подвергается сомнению.

## Этапы научно-исследовательской работы

Обычно в исследовательской работе 1/3 времени занимают правильная формулировка темы и цели исследования, выбор или отработка его методики, 1/3 времени затрачивается на сбор материала и не менее 1/3 времени уходит на его обработку, обобщение и написание текста.

В подготовительный период рекомендуется собрать как можно больше информации о предмете исследования путем знакомства с литературой или обсуждения темы со специалистами в этой области. Важнейшее основание для выбора темы исследования – наличие какого-либо противоречия или отсутствие объективных данных.

Прежде чем начать любое экспериментальное исследование, необходимо ясно представить себе цель эксперимента. Цель работы должна быть конкретной, четко сформулированной. Цель может состоять в проверке гипотезы, такой, например, как «Для прорастания семян необходимо наличие воды, кислорода и оптимальной температуры», или в проведении более широкого исследования, например: «Как влияет свет на поведение мокрицы?». В обоих случаях план эксперимента необходимо составить таким образом, чтобы он был выполнимым, а полученные данные были достоверными и могли успешно использоваться для того, чтобы прийти к тем или иным выводам.

Цель эксперимента должна быть доступной для конкретного исследователя. Наиболее распространенной ошибкой начинающих исследователей является «гигантизм» или расплывчатость в выборе темы и цели работы.

Формулировка задач исследования также представляет определенные сложности. Исследователю необходимо четко сформулировать, для чего делается работа, что надо наблюдать и что необходимо узнать. Вопросы, которые ставятся в задачах, должны предполагать однозначный ответ. Задачи исследования можно условно разделить на следующие типы (по задаваемым вопросам) (Длусский, Букин, 1986):

1. Количественные задачи (отвечающие на вопрос «Сколько?»).  
*Пример: «Выяснить, сколько времени живет губка?»*

2. Количественные задачи на выявление связей между явлениями («Какова связь?»).

*Пример: «Выявить связь между распределением зоопланктона и растительностью водоема».*

3. Качественные задачи (отвечающие на вопрос «Есть ли?»).

*Пример: «Установить, зависит ли количество видов водных ракообразных от температуры воды в водоеме».*

4. Функциональные задачи (отвечающие на вопросы «Для чего?» или «Зачем?»).

*Пример: «Изучить, для чего паук-серебрянка строит купол под водой».*

5. Задачи на выявление механизмов (отвечающие на вопрос «Как?»).  
*Пример: «Выяснить, как зависит видовое разнообразие зоопланктона от сезона и времени суток».*

6. Задачи на выявление причин явлений (отвечающие на вопрос «Почему?»).

*Пример: «Установить, почему в течение суток изменяется распределение фитопланктона по акватории водоема».*

Планирование работы также подразумевает необходимость выбора методов работы и определения методики проведения исследования.

Установление любых закономерностей начинается со сбора фактов, относящихся к теме исследования. Факты эти могут быть получены из уже опубликованной литературы. В биологии первоисточником, непосредственным и единственным источником получения информации служат непосредственные наблюдения в природе или эксперименты, проводимые в лабораторных условиях.

Сбор научных фактов требует соблюдения некоторых правил:

1. Записи наблюдений делаются в специальных журналах или в полевом дневнике безотлагательно. Чтобы избежать путаницы, записи должны быть полными. Допустимы лишь общепринятые в науке сокращения и условные знаки.

2. Всякое исследование, по возможности, документируется не только записями, но и образцами. Это могут быть гербарии, коллекции собранных животных или следов их жизнедеятельности, фото- или видеоизображения.

3. Результаты каждого наблюдения, опыта или эксперимента должны быть воспроизводимыми, т.е. при повторении любого из проведенных экспериментов должны получаться сходные результаты. Необходимо также учитывать, что любой опыт или описание нуждаются в контроле и в проверке. Если результаты несколько отличаются, следует оценить их достоверность с помощью методов статистики.

4. Полученные результаты должны быть однозначными и не давать возможности различного толкования.

Результаты любой работы зависят от числа проведенных опытов, наблюдений и их обработки. Выбирая методику, необходимо оценить, сколько следует провести однотипных измерений, наблюдений, как использовать способы обработки первичных данных.

## Сбор материала и принципы работы с ним

Основной метод получения научных выводов – сравнение результатов наблюдений, опытов и экспериментов. Нельзя сравнивать данные наблюдений, проведенных в разных местах и в разные сезоны. Опыты, как правило, ставятся не менее чем в двух повторностях. При этом тот из них, в которых условия остаются естественными или обычными, называются *контрольным*. Чем сложнее характер условий, в которых протекает опыт (или ведутся наблюдения), тем больше повторностей должно быть. Между опытом и наблюдениями в природе нет резкого отличия.

Очень часто материал или площадь исследуемого объекта настолько велики, что исследовать его невозможно. В таких случаях пользуются методом проб или выборки материала. Пробами могут быть отдельные участки местности (площадки, трансекты и т.п.), отрезки времени, отдельные части объекта и др. (Харитонов, 2004).

Любые научные материалы должны быть достоверными, т.е. должны отражать истинную картину имеющихся в природе закономерностей, численных соотношений и процессов. Поскольку различные закономерности иногда взаимно затушевывают друг друга, очень малочисленные наблюдения и пробы дают данные, искаженные случайным взаимодействием каких-либо неучтенных обстоятельств.

Искажает истину и неосознанная предвзятость выбора проб. Выбор проб должен быть либо совершенно независим от исследователя, либо подчинен математической закономерности. В первом случае, например, изучающий видовой состав и особенности произрастания травянистых растений на лугу бросает, не глядя, палку за спину и там, где она упадет, закладывает пробную площадку (и так 5-10 раз). Математическое размещение проб – это размещение их в строго геометрическом порядке (в шахматном или через равные промежутки по прямой); либо проведение наблюдений через равные промежутки времени; или выбор каждой пятой, десятой и т.д. пробы для обследований. Вместе с тем, если пространство неоднородно, то площадки размещают так, чтобы они характеризовали участки с разными свойствами (Харитонов, 2004).

При обработке собранных материалов (проб, наблюдений, опытов и т.п.) и изложении результатов необходимо как можно более полно сравнить полученные данные. Сведение их в таблицы или представление в графиках и диаграммах – самый наглядный и экономный способ обработки первичных данных (методика этой работы представлена в разделе «Представление данных»). Однако сами по себе таблицы, диаграммы и графики

– лишь материал для описаний и размышлений. Все результаты, подлежащие обсуждению, должны отражать только собственные наблюдения и опыты. Сравнивать их можно (а в некоторых случаях необходимо) с данными, содержащимися в литературе с обязательной ссылкой на используемые источники.

Обработку результатов проводят после окончания наблюдений или учетов на основании записей в полевых дневниках или лабораторных журналах. Это можно делать различными способами. Например, записи полевых наблюдений ежедневно систематизируют и группируют по видам в специальном дневнике. Систематизированный фактический материал должен быть максимально достоверен, полноценен и охватывать весь период наблюдений, стиль изложения – максимально сжатый, главное внимание уделяется сводным таблицам, картам, рисункам.

После того, как собранные материалы обработаны, проведено обсуждение полученных результатов, полезно вернуться к поставленным задачам и посмотреть, решены ли они. Краткое изложение результатов работы, отвечающее на вопросы задач, – это выводы, к которым исследователь пришел в результате проведенных исследований. Формулируя выводы, необходимо помнить, что отрицательный результат – тоже результат, который также необходимо отметить в выводах (Харитонов, 2004).

## Методика проведения исследований

В современных исследованиях используются группы методов, которые справедливо относят к общенаучным. Это эмпирические (эксперимент, наблюдение, описание) и теоретические (анализ, синтез, абстрагирование, обобщение, индукция, дедукция, объяснение, систематизация, классификация и ряд других) методы.

В чем состоят существенные особенности этих методов?

*Эксперимент* (от латинск. "experimentum" – проба, опыт) – научно поставленная проверка искусственно вызванного явления в точно учитываемых условиях, что позволяет следить за его развитием, ходом, управлять им и воссоздавать каждый раз при повторении условий.

Известно, что научно поставленный эксперимент может быть осуществлен при наличии теории, которая определяет целевые задачи опыта, дает обобщение и толкование (объяснение) его результатов. Для начинающих исследователей может быть предложен один из распространенных вариантов последовательных этапов научно-экспериментального исследования:

- 1) выдвижение научной гипотезы;
- 2) постановка конкретной целевой задачи и выбор объекта для исследования;
- 3) подготовка материальной базы для выполнения эксперимента;
- 4) выбор оптимального пути эксперимента;
- 5) наблюдение за ходом опыта, измерение нужных параметров, описание явлений или процессов, характеризующих их определенные закономерности;
- 6) анализ и обобщение полученных научных результатов;
- 7) формирование выводов, предложений, оценка теоретического и прикладного значения новых материалов.

Наиболее частыми формами эксперимента являются лабораторная и производственная проверки каких-то теоретических положений, что позволяет определить степень их достоверности, точности и прикладное значение.

В современной науке стали обычными понятия: «стратегия эксперимента», «планирование эксперимента», «математическая теория эксперимента», и даже «философия эксперимента». Эти понятия отражают общеметодический подход организации научного эксперимента, который позволяет значительно сократить количество проб и проверок замысла, чтобы получить существенный «выигрыш» во времени, в расходе материалов, и в конечном результате иметь надежные ответы на поставленные вопросы исследователя.

Разумеется, применение математической теории эксперимента обусловлено хорошим знанием экспериментаторами основ высшей математики, пониманием существа и возможностей новой прогрессивной методики, а также важности комплексного и системного подхода в решении научных задач.

Для накопления опыта по организации научного эксперимента в конкретной области знания молодым специалистам или начинающим исследователям из числа учащихся важно иметь постоянное творческое общение с опытными мастерами-экспериментаторами. Именно в таких творческих контактах могут выработаться необходимые качества исследователя: наблюдательность, выдержка, умение ждать, не торопить события применительно к решению научных задач.

Часто говорят о важности «тактики эксперимента». Что это значит? Слово «тактика» (от греч. «taktike» – приводить в порядок) часто употребляется в военном деле. В научных исследованиях слово «тактика» понимают как мастерство в организации научной работы коллектива для качественного решения целевых задач, в выборе оптимальных методик исследования, взаимосвязи научных групп, специалистов производства, отдельных ученых и т. п. Применительно к организации и планированию научного эксперимента тактика предполагает всестороннее продумывание порядка работы, последовательности этапов, выбора наиболее удобного времени для каждой операции, постоянного и частичного подведения итогов, когда завершена лишь какая-то самостоятельная доля исследования. Среди исследователей известен прием «шаговой стратегии» научно-экспериментальных работ, в случае, когда статистическая обработка показателей измерений и наблюдений проводится параллельно с их накоплением, непрерывно, по мере их выполнения, до полного завершения всей серии намеченных опытов. Такая осторожная тактика позволяет исследователю шаг за шагом оценивать свои результаты и вовремя принимать необходимые меры для изменения применяемой методики (Приходько, 1979).

Нельзя считать осмотрительными тех начинающих исследователей, которые удовлетворяются первыми полученными результатами эксперимента и не планируют повторную их проверку в новом улучшенном варианте. Лучше не торопиться демонтировать результаты, а делать это только после завершения предварительной математической обработки и обобщения материалов (Приходько, 1979).

Известны случаи, когда обоснование методики эксперимента при изучении научных проблем превращается в самостоятельное научно-поисковое исследование. Методические работы обычно считаются одними из наиболее трудоемких и сложных, и к подготовке такого рода экспери-

ментов следует отнестись с особой ответственностью и особым старанием.

Для начинающих исследователей накопление собственного (пусть вначале небольшого) опыта по организации, планированию и проведению научного эксперимента в избранной тематике представляет важную задачу. К выполнению ее надо готовиться целеустремленно и по плану, особенно при изучении так называемых пограничных наук – физической химии, биокибернетики, нейроэндокринологии и др.

*Наблюдение* – целенаправленное восприятие явлений объективной действительности, в ходе которого мы получаем знание о внешних сторонах, свойствах и отношениях изучаемых объектов. Оно является широко распространенным теоретическим познавательным процессом научного значения. Как и эксперимент, научно поставленное наблюдение организуется по заранее продуманному плану, имеет четко и конкретно поставленную задачу. Наблюдение обычно сопутствует всякому вещественному эксперименту, в отличие от мысленного эксперимента.

В то же время, если в эксперименте важнейшим условием является управление изучаемым процессом, позволяющим повторять опыты с теми же особенностями по воле экспериментатора, то в наблюдении исследователь не имеет такой возможности и ограничивается только чувственным и инструментальными измерениями, описанием и интуицией. Нередко наблюдение сопровождается зарисовкой и описанием объекта, применением методов фотографии, кинематографии, телевидения.

Особое место в рассматриваемом общенаучном методе имеет самонаблюдение, когда исследователь проводит эксперимент на самом себе по определенной программе и плану, ведя записи реакций организма. В истории отечественной медицины есть немало примеров, когда русские врачи из светлых гуманистических побуждений проводили рискованные опыты на самих себе путем самозаражения опасными инфекциями (Приходько, 1979).

*Описание* объекта исследования нередко сочетается с проведением эксперимента и наблюдений, определения существенных и несущественных его сторон. Как правило, этот общенаучный метод применяется при изучении единичных, индивидуальных объектов, чтобы получить наиболее полные и точные сведения о них.

В группе общенаучных методов исследования, наряду с приведенными примерами эмпирических способов, широкое применение также находит ряд теоретических методов. Вот несколько сведений о них.

*Объяснение* – форма логического умозаключения при анализе и обобщении фактов является одной из основных и важнейших функций науки. Научное объяснение представляет освещение связей между предметами,

явлениями, фактами реального мира, чтобы, раскрывая такие связи, выяснять законы, которым они подчиняются или определять причинные отношения изучаемых объектов. Количественная характеристика фактов помогает усиливать доказательность аргументов объяснения.

В логике различают несколько видов научного объяснения:

а) причинное, когда логическое выведение, или дедукция, строится на основе установления причин, которые породили объясняемые явления;

б) единичных фактов с помощью тех законов, которым они подчиняются;

в) законов, когда закономерности, подлежащие объяснению, стремятся подвести под более общий закон или группу законов, чтобы показать, что он служит частным случаем общих законов. Известно, что только на основе научного объяснения возможно и научное предвидение событий (Приходько, 1979).

Анализ, как и синтез, служат с давних пор распространенными методами научного исследования (Введение в философию, 1990). Формой взаимосвязи анализа и синтеза служит классификация, или распределение предметов, понятий, явлений по классам в зависимости от их общих признаков, а иногда по наличию их несходства. Примером такой классификации в науке может служить созданная Д.И.Менделеевым периодическая система элементов. Метод теоретического синтеза является, как известно, общей и существенной особенностью современной науки. Он позволяет объединить предметы или конкретные свойства, поставить их в определенном порядке, их логической взаимосвязи, применить систематизацию. Кроме анализа и синтеза, в биологии применяют следующие общенаучные методы познания: абстрагирование, обобщение, индукция, дедукция, аналогия, моделирование (см. приложение 2).

## **Техника выполнения рисунков в биологии**

Выполнение рисунков является одним из необходимых условий исследовательской работы по биологии. Хорошо выполненные рисунки значительно повышают качество работы.

Выполнение рисунков преследует следующие цели:

1. Документировать результаты работы для использования их в дальнейшем.
2. Дополнить визуальное наблюдение и дать возможность увидеть исследуемый объект более полно и точно.
3. Способствовать запоминанию, зарисовывая то, что вы видите (Грин и др., 1996).

### ***Правила выполнения рисунков по биологии***

1. Необходимо пользоваться тетрадью или бумагой для рисования соответствующей толщины и качества. С нее должны хорошо стираться карандашные линии.

2. Карандаши должны быть острыми, твердости НВ, не цветными.

3. Рисунок должен быть:

а) достаточно крупным – чем больше элементов составляют исследуемый объект, тем крупнее должен быть рисунок;

б) простым – включать очертания структуры и других важных деталей, чтобы показать расположение и связь отдельных элементов;

в) тщательно выполненным – если объект имеет несколько сходных частей, необходимо точно вырисовывать их мелкие детали;

г) нарисован тонкими и отчетливыми линиями, каждую линию необходимо продумать и затем нарисовать без отрыва карандаша от бумаги; не штриховать и не раскрашивать;

д) надписи должны быть по возможности полными, идущие от них линии не должны пересекаться; оставляйте вокруг рисунка место для надписей.

5. Делать при необходимости два рисунка: а) схематичный рисунок, показывающий основные черты, и б) детальный рисунок мелких частей. Например, при малом увеличении нарисовать план поперечного сечения растения и при большом увеличении – детальное строение клеток (крупно нарисованную часть рисунка обводят на плане клином или квадратом).

6. Рисовать следует только то, что вы действительно видите, а не то, что вам кажется, что вы видите, и, конечно же, не копировать рисунок из книги.

7. Каждый рисунок должен иметь название, указание об увеличении и о проекции образца (например, ПС, ПрС и т.д.) и объяснительную запись-

ку (рис.2).

8. При зарисовке приборов необходимо нарисовать вертикальный разрез и на нем ясно показать трубки и клапаны, через которые из сосудов могут выходить газы.

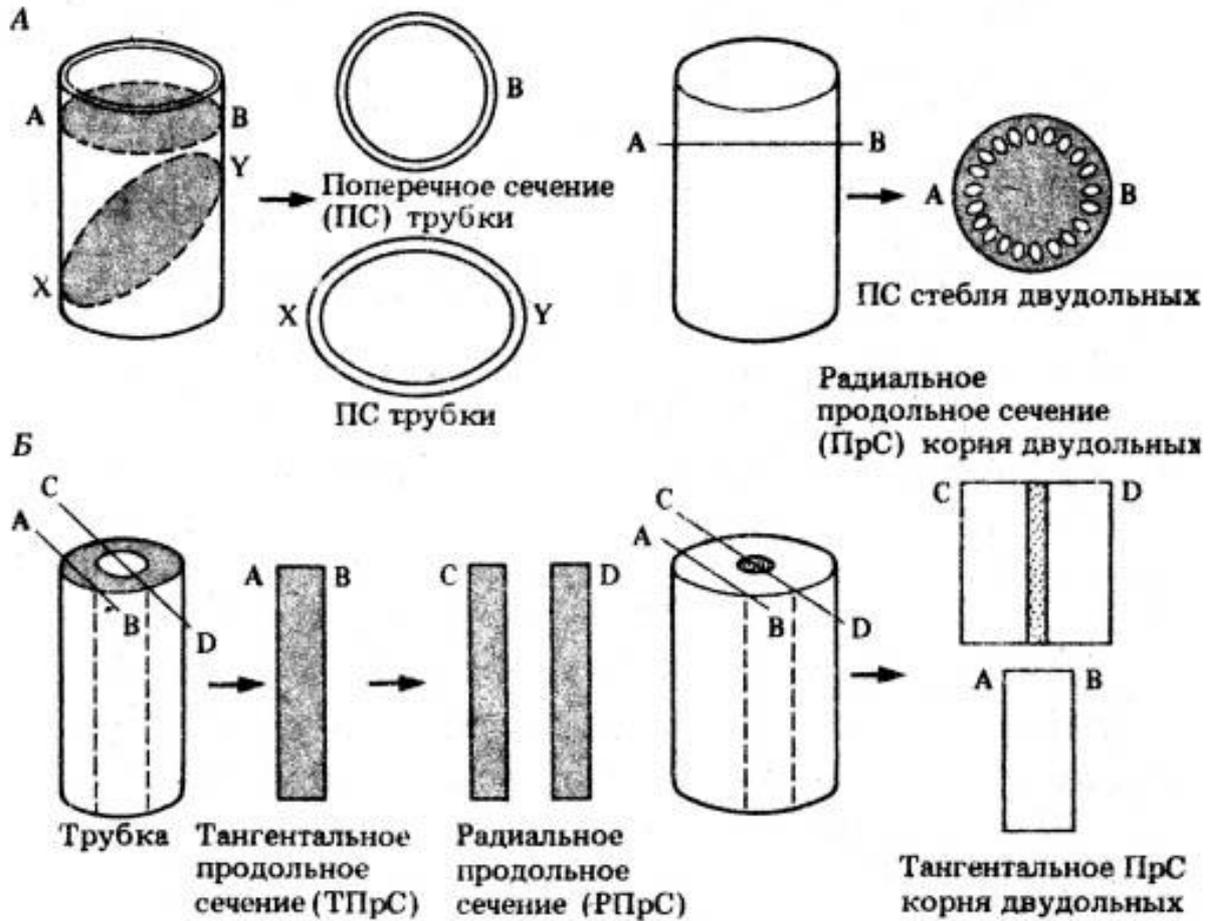


Рис.2. Виды сечений в биологических рисунках: А – поперечные сечения; Б – продольные сечения (Грин и др., 1996).

## Микроскопические методы

Для проведения исследований по изучению биологических объектов зачастую необходимо использование увеличительных приборов.

### *Ручная лупа*

Ручная лупа представляет собой вставленную в оправу двояковыпуклую линзу. Лупа может быть небольшой (карманная лупа) или намного большего размера, например лупа, используемая при анатомировании (лупа на штативе). Ручную лупу надо держать близко к глазу, а объект приближать к лупе до тех пор, пока не будет получено четкое увеличенное изображение. Нарисовав исследуемый объект, необходимо вычислить, во сколько раз он увеличен на рисунке.

$$\text{Увеличение рисунка} = \frac{\text{Линейный размер рисунка}}{\text{Линейный размер объекта}}.$$

Например:  $6 / 2 = 3$ .

Это можно записать как  $\times 3$  (Грин и др., 1996).

### *Микроскоп*

В микроскопе для получения увеличенного изображения очень мелких объектов используется увеличительная способность выпуклых линз. На рис.3 изображен микроскоп с указанием деталей его строения. Микроскоп – дорогой прибор, поэтому необходимо обращаться с ним осторожно и не пренебрегать следующими правилами:

1. Хранить микроскоп в ящике (или под колпаком), чтобы предохранить его от пыли.

2. Вынимать его из ящика двумя руками и ставить на место мягко, чтобы избежать сотрясения.

3. Линзы должны быть чистыми, для этого их необходимо протирать кусочком ткани.

4. Микроскоп всегда необходимо фокусировать, перемещая трубу вверх от препарата. В противном случае очень легко повредить препарат.

5. Держать открытыми оба глаза и смотреть ими по очереди.

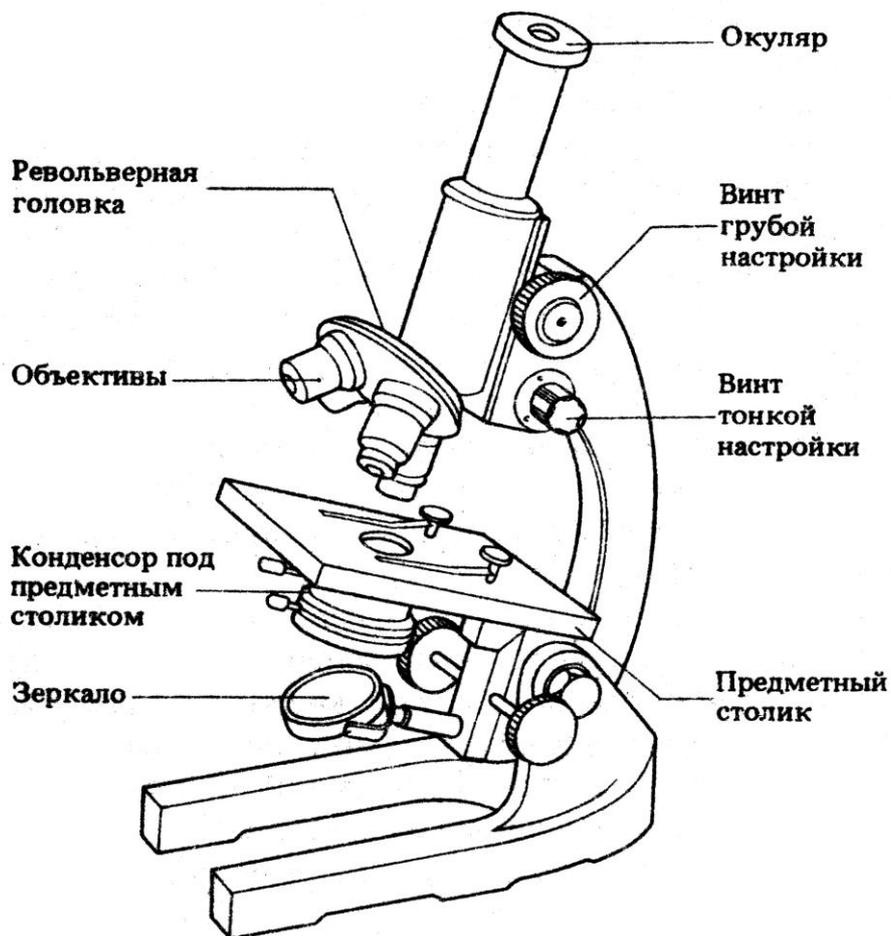


Рис.3. Современный световой микроскоп (Грин и др., 1996).

### *Настройка микроскопа для работы при малом увеличении*

1. Поставить микроскоп на стол и сесть в удобной позе. Исследуемый объект на предметном столике микроскопа должен быть освещен. Для этого пользуются специальным осветителем, светом из окна или от настольной лампы. В двух последних случаях используют вогнутую поверхность находящегося под предметным столиком зеркала. С помощью зеркала свет направляют через отверстие в предметном столике. Если имеется подходящий конденсор, то для направления света через него используют плоскую поверхность зеркала.

2. С помощью винта грубой настройки поднять вверх тубус микроскопа и поворачивать револьверную головку до тех пор, пока объектив с малым увеличением ( $\times 10$  или 16 мм) не попадет в паз тубуса (при этом раздается щелчок).

3. Положить препарат, который вы собираетесь рассматривать, на предметный столик микроскопа так, чтобы находящийся под покровным стеклом исследуемый материал находился над серединой отверстия в предметном столике.

4. Глядя на предметный столик и препарат сбоку, опустить тубус с помощью винта грубой настройки до тех пор, пока объектив с малым увеличением не окажется примерно в 5 мм от препарата.

5. Глядя в микроскоп, поворачивать винт грубой настройки до тех пор, пока объект не попадет в фокус (Грин и др., 1996).

### ***Настройка микроскопа для работы при большом увеличении***

1. При работе с объективом большого увеличения для создания достаточного освещения необходим искусственный свет. Для этого используют настольную лампу или специальный осветитель для микроскопа с матовой лампочкой. При работе с лампой накаливания необходимо между ней и микроскопом поместить лист бумаги. Повернуть зеркало плоской поверхностью вверх так, чтобы свет, отражаясь, попадал в микроскоп.

2. Сфокусировать конденсор, не убирая препарата с предметного столика. Поднять конденсор так, чтобы расстояние между ним и предметным столиком было не более 5 мм. Глядя в микроскоп, поворачивать винт грубой настройки до тех пор, пока объект не попадет в фокус. Теперь навести фокус конденсора до тех пор, пока изображение лампы не наложится точно на препарат. Поместить конденсор несколько вне фокуса так, чтобы изображение лампы исчезло. Теперь освещение должно быть оптимальным. В конденсор вмонтирована диафрагма. Ею регулируют величину отверстия, через которое проходит свет. Это отверстие должно быть открыто как можно шире. Таким образом достигается максимальная четкость изображения (см. рис.3).

3. Поворачивать револьверную головку до тех пор, пока объектив большого увеличения ( $\times 40$  или 4 мм) не попадет в паз. Если на малом увеличении фокус уже был установлен, то при повороте револьверной головки объектив большого увеличения автоматически установится приблизительно в фокусе. Фокусирование всегда производить движением объектива вверх с помощью винта тонкой настройки.

4. Если при движении объектива с линзами большого увеличения фокус не устанавливается, необходимо сделать следующее: глядя на предметный столик сбоку, опускать тубус микроскопа до тех пор, пока линза почти не коснется препарата. Следить за отражением линзы объектива на препарате и добиваться того, чтобы линза почти коснулась своего отражения.

5. Глядя в микроскоп и поворачивая винт тонкой настройки, медленно поднимать объектив до тех пор, пока изображение не попадет в фокус (Грин и др., 1996).

### ***Увеличение***

Увеличение объекта под микроскопом происходит с помощью окуляра и линзы объектива (табл.1).

## **Масляная иммерсия**

Для того чтобы получить более сильное увеличение, чем при работе с обычным объективом большого увеличения, необходимо использовать масляно-иммерсионную линзу. Способность линзы собирать свет в значительной степени усиливается, если между линзой объектива и покровным стеклом поместить жидкость. Жидкость должна иметь тот же коэффициент преломления, что и сама линза. Поэтому в качестве жидкости обычно используют кедровое масло.

1. Положить препарат на предметный столик и сфокусировать изображение так же, как при работе с обычным большим увеличением. Вместо объектива с линзой большого увеличения установить объектив с масляно-иммерсионной линзой.

2. Капнуть каплю кедрового масла на покровное стекло непосредственно над исследуемым объектом.

Таблица 1.

Увеличение микроскопа (Грин и др., 1996).

<b>Линза объектива</b>	<b>Линза окуляра</b>	<b>Увеличение объекта</b>
×10	×6	×60
×40	×6	×240
×10	×10	×100
×40	×10	×400

3. Снова сфокусировать изображение теперь уже под малым увеличением, затем поворотом револьверной головки установить объектив с масляно-иммерсионной линзой так, чтобы его кончик касался капли масла.

4. Глядя в микроскоп, очень осторожно сфокусировать линзу с помощью винта тонкой настройки. Помните, что фокусная плоскость линзы находится всего в 1 мм от поверхности покровного стекла.

5. Окончив работу, стереть с линзы масло мягкой тряпочкой (Грин и др., 1996).

### **Фиксация биологических объектов для микроскопирования**

Биологические объекты можно исследовать как живыми, так и фиксированными. В последнем случае материал для более детального изучения можно разделить на части и обработать рядом различных красителей, для того чтобы выявить и идентифицировать различные структуры. Из исследуемого объекта можно приготовить временные или постоянные препараты.

## ***Постоянные препараты***

### ***1. Фиксация.***

Это сохранение материала в состоянии, близком к естественному. Для фиксации необходимо быстро умертвить ткани. Это лучше достигается при работе с небольшими кусочками живого материала. Используемое для этого вещество называется *фиксатором*. Быстрой фиксацией обеспечивается сохранение изначальной структуры объекта, причем ткани уплотняются настолько, что с них можно готовить тонкие срезы.

### ***2. Обезвоживание.***

Обезвоживание проводится при подготовке материала к заливке или для заключения его в соответствующую среду, которая не смешивается с водой. Воду необходимо удалить потому, что иначе со временем препарат будет разрушен бактериями. Для того чтобы сохранить ультраструктуру, обезвоживание надо проводить постепенно, обрабатывая материал рядом водных растворов этанола или пропанола (ацетона) с возрастающей концентрацией, и закончить обработку «абсолютным» (чистым) этанолом или пропанолом.

### ***3. Просветление.***

Некоторые из общеупотребимых сред для заливки и заключения не смешиваются со спиртом. Поэтому его надо постепенно замещать средой (*просветляющее вещество*), с которой заливочная среда смешивается, например ксилолом. Это приводит также к тому, что материал становится прозрачным.

### ***4. Заливка.***

Для того чтобы с помощью микротомы получить очень тонкий срез, необходимо, чтобы материал был залит в определенную среду. При приготовлении препаратов для световой микроскопии объекты заливают в парафин, которому затем дают застыть. При приготовлении препаратов для электронной микроскопии необходимо использовать более твердые вещества (пластмассы или смолы), потому что необходимые в этом случае более тонкие срезы требуют для своего приготовления более плотных веществ.

### ***5. Изготовление срезов.***

Как правило, толщина кусочков материала слишком велика, чтобы сквозь них могло пройти достаточное для исследования под микроскопом количество света. Обычно приходится срезать очень тонкий слой исследуемого материала, т. е. готовить *срезы*. Срезы можно делать бритвой или на микротоме. Вручную срезы готовят с помощью остро отточенной бритвы. Для работы на обычном микроскопе толщина среза должна равняться 8-12 мкм. Ткань следует закрепить между двумя кусочками сердцевины бузины. Бритву смачивают жидкостью, в которой хранилась ткань; срез

делают через бузину и ткань, причем бритву держат горизонтально и двигают ее к себе медленным скользящим движением, направленным чуть вкось. Быстро сделав несколько срезов, следует выбрать из них самый тонкий, содержащий характерные ткани.

Срез с ткани, залитой в ту или иную среду, можно сделать на *микротоме*. Для светового микроскопа срезы толщиной в несколько микрометров можно сделать с залитой в парафин ткани с помощью специального стального ножа. На *ультратоме* изготавливают чрезвычайно тонкие срезы (20-100 нм) для электронного микроскопа. Для этого необходим алмазный или стеклянный нож.

Срезы для светового микроскопа можно приготовить, не заливая материал в среду; для этого используют *замораживающий микротом*. В процессе приготовления замороженного среза образец сохраняется в замороженном и, следовательно, в твердом состоянии.

#### 6. Окрашивание.

Как правило, биологические структуры на препаратах прозрачны, поэтому для получения контраста между ними приходится прибегать к различным средствам. Самым распространенным является окрашивание. Некоторые красители, используемые в световой микроскопии, перечислены в табл.2.

Определенные красители при использовании их в низких концентрациях не токсичны для живых тканей и поэтому могут применяться для окрашивания живых организмов. Они называются *прижизненными (витальными) красителями*. К ним относятся такие красители, как метиленовый синий и нейтральный красный.

При окрашивании парафиновых срезов парафин удаляют с помощью растворителя, а срез частично обводняют перед окрашиванием.

#### 7. Заключение.

Полностью окрашенные срезы заключают на предметном стекле в специальную среду, например в канадский бальзам или эупарол, которая не пропускает воздух и способна неограниченно долго сохранять срез. Заключенный в среду срез покрывают покровным стеклом. Последовательность описанных выше действий является типичной при приготовлении тонких срезов для постоянных препаратов. Однако часто в порядок действий вносят два следующих изменения:

а) если срез сырого материала готовится вручную, то сначала делают срез, а потом фиксируют его;

б) окрашивать можно после фиксации или же в процессе обезвоживания на какой-либо ее стадии. Например, красителем, растворенным в 50% этаноле, можно окрасить срез после его дегидратации в 50% этаноле.

Описанная процедура приготовления препаратов в основном сходна как для светового, так и для электронного микроскопов, хотя существуют некоторые различия в деталях (они отмечены в табл.3).

## *Временные препараты*

Временные препараты для светового микроскопа в отличие от постоянных можно сделать сравнительно быстро. Они готовятся для проведения быстрых предварительных исследований. Для этого материал фиксируют, окрашивают и заключают в среду. Срезы можно приготовить до фиксации или мацерации (древесину, например, мацерируют). Срез свежего материала можно сделать вручную с помощью бритвы непосредственно в 70% спирте, который служит фиксатором. Для окрашивания и заключения можно использовать ряд временных красителей; некоторые из них, пригодные для окрашивания растительного материала, приведены в табл.2. Каждый срез следует помещать на чистое предметное стекло (предварительно протертое спиртом) и капнуть несколько капель красителя. При окрашивании флороглюцинолом добавляется также одна капля концентрированной соляной кислоты. Затем препарат покрывают тонким покровным стеклом, чтобы предотвратить попадание воздуха и пыли и предохранить от загрязнения объектив большого увеличения (рис.4). Если образец начнет подсыхать или если заранее известно, что потребуется длительное изучение (более 10 мин.), то после окрашивания препарат следует заключить в глицерин.

Таблица 2

Красители, применяемые для окраски растительных и животных тканей  
(Грин и др., 1996)

Краситель	Окончательный цвет	Окрашиваемый материал
Постоянные красители		
Анилиновый синий в лактофеноле	Синий	Гифы грибов и споры
Борный кармин	Розовый	Ядра; особенно для крупных препаратов животного материала, например колонии <i>Obelia</i>
Эозин	Розовый	Цитоплазма (см. гематоксилин)
Краситель Фельгена	Красный или пурпурный	ДНК; особенно хорошо выявляет хромосомы во время клеточного деления
Гематоксилин	Синий	Ядра; главным образом для срезов животных тканей в сочетании с эозином, окрашивающим цитоплазму; так же для мазков
Краситель Лейшмана	Красно-розовый	Клетки крови
	Синий	Ядра лейкоцитов
Светлый зеленый или прочный зеленый	Зеленый	Цитоплазма и целлюлоза (см. сафранин)

Метиленовый синий	Синий	Ядра (раствор 0,125% метиленового синего в 0,75% NaCl годен как прижизненный краситель)
Сафранин	Красный	Ядра; лигнин и суберин у растений; используется в основном для срезов растительных тканей в сочетании со светлым зеленым для окрашивания цитоплазмы
Временные красители		
Анилина гидрохлорид или анилина сульфат	Желтый	Лигнин
Раствор йода	Сине-черный	Крахмал
Флороглюцинол + конц. HCl	Красный	Лигнин
Раствор Шульца (хлор-цинк-йод)	Желтый	Лигнин, кутин, суберин, белок
	Синий	Крахмал
	Синий или фиолетовый	Целлюлоза

Таблица 3

Различия в подготовке материалов для светового и электронного микроскопов (Грин и др., 1996)

Обработка	Для светового микроскопа	Для электронного микроскопа
Фиксация	Как для электронного микроскопа или, например, 99 частей этанола +1 часть ледяной уксусной кислоты или 70%-ный этанол (но в этом случае происходит сжатие и повреждение тонких структур)	Часто используется глутаральдегид или смесь глутаральдегида и осмиевой кислоты (OsO <sub>4</sub> ). OsO <sub>4</sub> также окрашивает липиды и соответственно мембраны в черный цвет. Маленькие кусочки материала фиксируются быстрее, в них лучше сохраняются тонкие структуры
Обезвоживание	Ряд растворов этанола или пропанола в возрастающей концентрации	
Заливка	Парафин	Смола (например, аралдит, эпен) или пластмасса
Приготовление срезов	Стальной нож	Только алмазный и стеклянный ножи являются достаточно острыми, чтобы сделать ультратонкий срез
	Используется микротом	Используется ультратом
	Срезы толщиной в несколько микрометров	Срезы толщиной 20-100 нм
Окрашивание	Цветные красители (отражают видимый свет)	Тяжелые металлы, например соединения осмия, урана, свинца (отражают электроны)

## Электронный микроскоп

Разрешающая способность светового микроскопа ограничена длиной световых волн. Максимально возможное разрешение равно половине длины волны используемого света. Получить изображение объекта размером меньше, чем эта величина, невозможно. Средняя длина волны видимого света составляет примерно 550 нм, поэтому в конце XIX в. могли получить разрешение примерно в 200 нм. Незначительное увеличение разрешающей способности было достигнуто благодаря использованию специально сконструированного микроскопа с ультрафиолетовым светом (длина волны которого составляет 250 нм), обеспечивающим разрешение примерно в 100 нм.

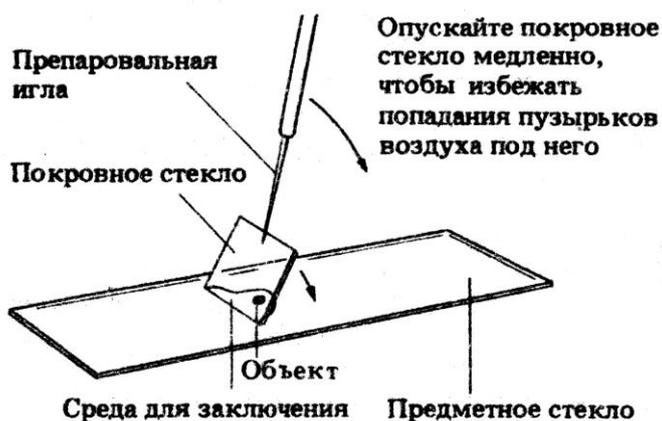


Рис.4. Заключение образца и наложение покровного стекла на предметное (Грин и др., 1996)

Однако многие клеточные структуры имеют меньший размер. Эта проблема была решена в тридцатые-сороковые годы, когда создание электронного микроскопа произвело революцию в биологической науке. Вместо светового излучения в электронном микроскопе используют пучок электронов, у которых длина волны значительно меньше и, следовательно, с намного большей разрешающей способностью. Длина волны электронов зависит от напряжения, подаваемого для генерации электронного пучка, но практически можно получить разрешение приблизительно в 0,5 нм, т. е. примерно в 500 раз больше, чем в световом микроскопе. Создаваемое увеличение достаточно, чтобы различить крупные молекулы. Лимитирующим фактором в достижении большего увеличения стало (и остается до сих пор) не усиление разрешающей способности микроскопа, а методы подготовки материала для исследования (Грин и др., 1996).

В сущности, принцип действия электронного микроскопа такой же, как и светового микроскопа, в котором пучок световых лучей направляется линзой конденсора через образец, а полученное изображение затем увеличивается с помощью линз. В табл.4 суммированы некоторые сходства и различия между этими микроскопами. Принципы подготовки материала для электронной и световой микроскопии примерно одинаковы, хотя имеются и важные различия (табл.3).

Оператор сидит у пульта управления лицом к колонне, по которой проходит пучок электронов (рис.5). Электронный микроскоп перевернут «вверх дном» по сравнению со световым микроскопом. Здесь источник электронов находится в верхней части колонны, а сам образец – внизу (рис.6). На вольфрамовую нить накала, находящуюся в верхней части колонны, подается высокое напряжение (например, 50000 В), и нить накала излучает поток электронов. Чтобы сфокусировать эти электроны (изменить их траекторию), необходимы уже не стеклянные линзы, а электромагниты. Внутри колонны создается глубокий вакуум, чтобы сократить до минимума рассеивание электронов из-за столкновения с частицами воздуха и происходящее в результате этого нагревание. В *трансмиссионном (просвечивающем) электронном микроскопе* электроны проходят через образец, поэтому для изучения можно использовать только очень тонкие срезы или частицы, так как электроны легко рассеиваются или поглощаются исследуемым объектом. Части образца с относительно высокой молекулярной массой в наибольшей степени вызывают рассеивание электронов, поэтому при окрашивании образца с целью увеличения контраста используются тяжелые металлы, такие, как свинец или уран. Образец обычно удерживается на маленькой медной сетке (примерно 2 мм в диаметре), которую иногда для большей прочности покрывают тонкой пластмассовой пленкой. Пройдя через образец, электроны собираются и фокусируются добавочными электромагнитными линзами. Электроны невидимы для человеческого глаза, поэтому они направляются или на флуоресцентный экран, который воспроизводит видимое изображение, или же непосредственно на фотопленку, чтобы получить постоянный фотоснимок (электронную микрофотографию) (Грин и др., 1996).

Таблица 4

Сравнение светового и электронного микроскопов (Грин и др., 1996)

	<b>Трансмиссионный электронный микроскоп</b>	<b>Световой микроскоп</b>
Источник излучения	Электроны	Свет
Длина волны	Например, 0,005 нм при 50 кВ	400-700 нм
Максимальное полезное увеличение	×250000 (на экране)	×1500
Макс. разрешение: 1) на практике; 2) в теории	0,5 нм; 0,2 нм	200-500 нм; 200 нм
Линзы	Электромагниты	Стеклянные (кварцевые) для ультрафиолетового излучения)
Объект	Не живой, обезвоженный относительно маленький или тонкий Удерживается на маленькой сетке в вакууме	Живой или неживой Обычно лежит на предметном стекле
Распространенные красители	Содержат тяжелые металлы, которые отражают электроны	Цветные красители
Изображение	Черно-белое	Обычно цветное

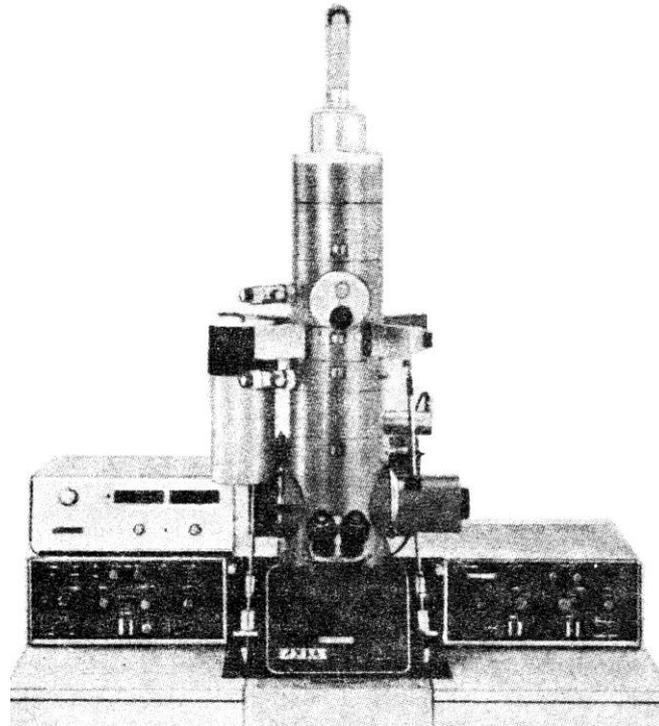


Рис.5. Современный трансмиссионный электронный микроскоп (Грин и др., 1996)

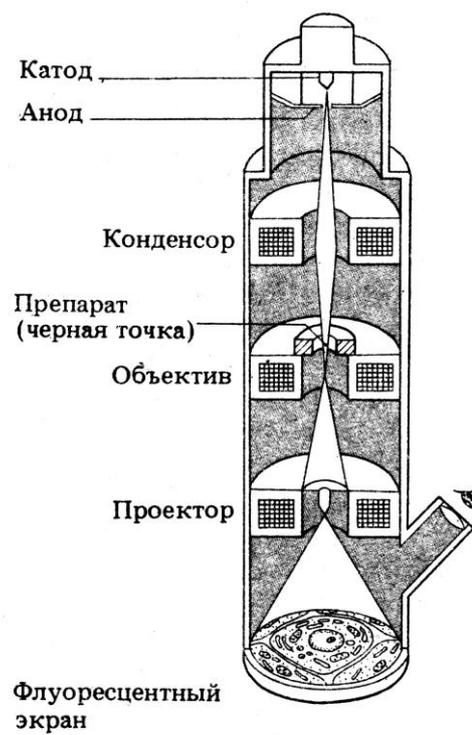


Рис.6. Траектория пучка электронов в трансмиссионном электронном микроскопе (Грин и др., 1996)

Для подготовки материала к исследованию используют различные приемы (они описаны ниже), но в любом случае материал должен быть мертвым, так как в процессе наблюдения он находится в вакууме, быстро нагревается и начинает разрушаться под действием пучка электронов. Фотографировать необходимо для регистрации информации в том случае, если требуется длительное изучение образца.

### *1. Окрашивание ультратонких срезов тяжелыми металлами.*

Срезы готовятся на ультратоме и окрашиваются соединениями тяжелых металлов, такими, как нитрат свинца, уранилацетат или осмиевая кислота. Окрашенные участки становятся малопроницаемыми для электронов, и, таким образом, на микрофотографиях они выглядят темными.

### *2. Негативное контрастирование.*

При негативном контрастировании окрашивается фон, тогда как сам образец остается неокрашенным. Этот метод особенно удобен при изучении деталей строения поверхности мелких частиц, таких, как рибосомы, вирусы и фрагменты изолированных органелл и мембран, так как краситель проникает между деталями поверхностного строения.

### *3. Напыление.*

Образец бомбардируется атомами тяжелых металлов, например золотом или платиной, в определенном направлении или под определенным углом. Поверхность образца покрывается слоем металла, непроницаемого для электронов. Закрытые площади, в том числе «тень» за образцом, не покрываются металлом и остаются относительно прозрачными для электронов. Они дают белый цвет (пропускают электроны, которые, равнозначны свету). Так как человеческий глаз лучше воспринимает и интерпретирует темные отпечатки, обычно печатают негативы фотографий. Напыление используют также, чтобы выявить структуру поверхности мелких частиц, например вирусов (Грин и др., 1996).

### *4. Замораживание-скалывание и замораживание-травление.*

Фрагмент ткани быстро замораживается при очень низкой температуре и затем разламывается с помощью очень острого металлического лезвия. Ткань трескается вдоль слабо соединенных плоскостей, которыми часто являются мембраны (рис.7). Образец выдерживают на холоде в глубоком вакууме; в этих условиях лед возгоняется, оставляя сколотую поверхность.

Реплика этой поверхности создается откладывающимся на ней слоем

углерода. На эту реплику из углерода напыляется тяжелый металл, а ткани под репликой разрушаются, как правило, действием сильной кислоты при нормальном атмосферном давлении. Этот метод очень удобен при изучении структуры мембраны (см. рис.15). Его преимущество состоит в том, что живые ткани быстро умерщвляются, не подвергаясь химической обработке, которая может повлиять на их структуру. Вполне вероятно, что такие клетки сохраняют свою прижизненную форму; тем самым подтверждаются данные, полученные с помощью общепринятых гистологических методик (Грин и др., 1996).

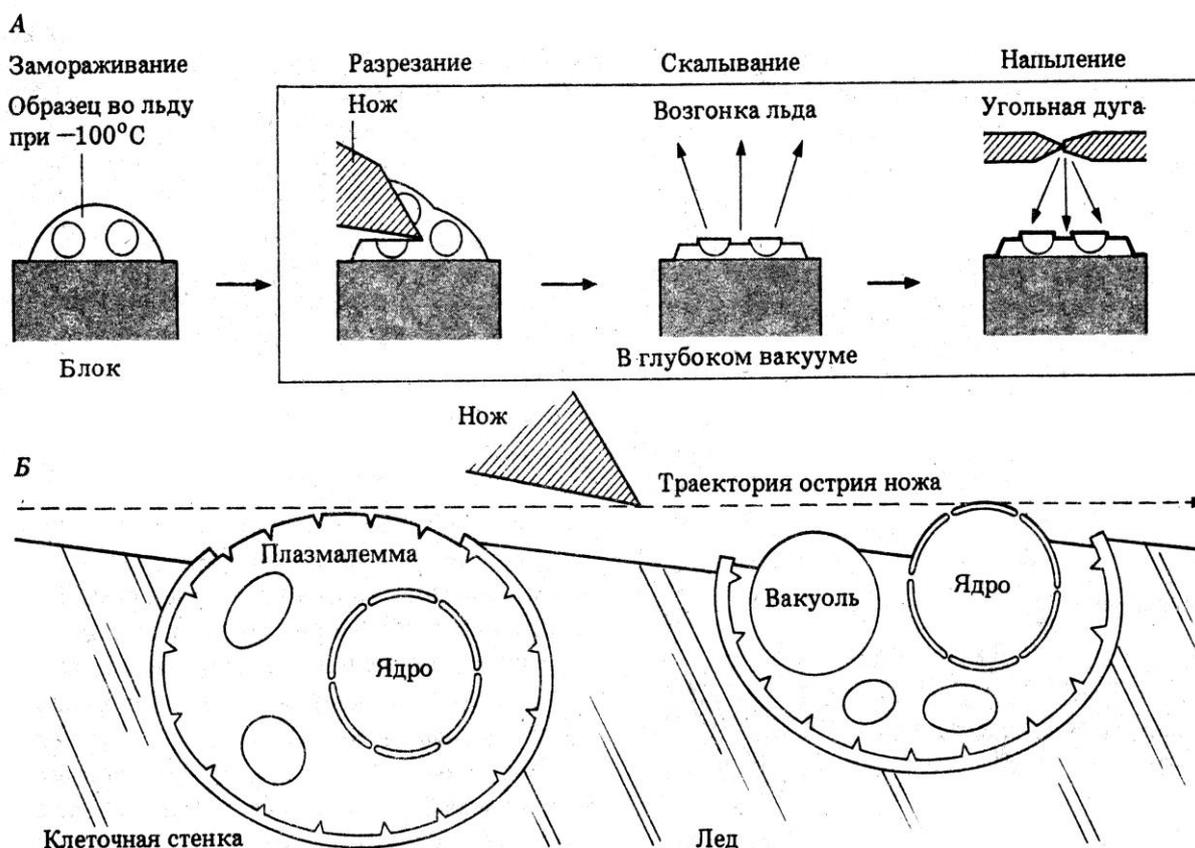


Рис.7. А. Изображение метода замораживания-скальвания. Б. Обнажение клеточных мембран в процессе скальвания (Грин и др., 1996)

### *Сканирующий электронный микроскоп*

Сравнительно недавно был введен в употребление новый тип микроскопа – сканирующий электронный микроскоп. В нем очень точно сфокусированный пучок электронов двигается взад и вперед по поверхности образца, а отраженные от его поверхности электроны собираются и формируют изображение, наподобие того, которое возникает на экране телевизора. Преимущество этого метода заключается в том, что детали строения поверхности видны с большей глубиной резкости, что создает эффект трехмерности. Разрешающая способность ниже, чем у трансмиссионного электронного микроскопа (5-20 нм), но при этом можно работать с образцами большего размера (Грин и др., 1996).

### *Электронный микроскоп высокого напряжения*

Электронные микроскопы высокого напряжения (500000-1000000 В) стали использовать в биологии совсем недавно. Большее ускорение электронов позволяет им проходить через сравнительно толстые срезы (1-5 мкм), при этом получают трехмерное изображение структур при высоком разрешении, что облегчает изучение объекта. Сейчас внедряются методы, позволяющие быстро исследовать живые образцы, что в будущем должно дать весьма важную информацию (Грин и др., 1996).

## Общее понятие о статистике

Слово «статистика» часто ассоциируется со словом «математика», и это пугает студентов, связывающих это понятие со сложными формулами, требующими высокого уровня абстрагирования.

Статистика – это прежде всего способ мышления, и для ее применения нужно лишь иметь немного здравого смысла и знать основы математики. В нашей повседневной жизни мы, сами о том не догадываясь, постоянно занимаемся статистикой. Хотим ли мы спланировать бюджет, рассчитать потребление бензина автомашиной, оценить усилия, которые потребуются для усвоения какого-то курса, предусмотреть вероятность хорошей и плохой погоды по метеорологической сводке, оценить, как повлияет то или иное событие на наше личное или совместное будущее, – нам постоянно приходится отбирать, классифицировать и упорядочивать информацию, связывать ее с другими данными так, чтобы можно было сделать выводы, позволяющие принять верное решение.

Все эти виды деятельности мало отличаются от тех операций, которые лежат в основе научного исследования. Они состоят в синтезе данных, в их сравнении и сопоставлении, в предсказании определенных фактов на основании тех выводов, к которым приводят полученные результаты. Именно в этом заключается цель статистики в науке. Без статистики выводы в большинстве случаев были бы чисто интуитивными и не могли бы составлять солидную основу для интерпретации данных, полученных в других исследованиях (Годфруа, 1992).

Рассмотрим в самых общих чертах три главных раздела статистики.

1. *Описательная статистика*, как следует из названия, позволяет описывать, подытоживать и воспроизводить в виде таблиц или графиков данные того или иного распределения, вычислять среднее для данного распределения и его размах и дисперсию.

2. *Задача индуктивной статистики* – проверка того, можно ли распространить результаты, полученные на данной выборке, на всю популяцию, из которой взята эта выборка. Иными словами, правила этого раздела статистики позволяют выяснить, до какой степени можно путем индукции экстраполировать на большее число объектов ту или иную закономерность, обнаруженную при изучении их ограниченной группы в ходе какого-либо наблюдения или эксперимента. Таким образом, при помощи индуктивной статистики делают выводы и обобщения исходя из данных, полученных при изучении выборки.

3. Наконец, измерение *корреляции* позволяет узнать, насколько связаны между собой две переменные, с тем, чтобы можно было предсказывать возможные значения одной из них, если мы знаем другую.

Существуют две разновидности статистических методов или тестов, позволяющих делать обобщение или вычислять степень корреляции. Первая разновидность – это наиболее широко применяемые параметрические методы, в которых используются такие параметры, как среднее значение или дисперсия данных. Вторая разновидность – это непараметрические методы, оказывающие неоценимую услугу в том случае, если исследователь имеет дело с очень малыми выборками или с качественными данными; эти методы очень просты с точки зрения как расчетов, так и применения (Годфруа, 1992).

## Представление данных

Одна из задач статистики состоит в том, чтобы анализировать данные, полученные на части популяции, а затем сделать выводы относительно популяции в целом.

*Популяция* в статистике не обязательно означает какую-либо группу людей или естественное сообщество; этот термин относится ко всем существам или предметам, образующим общую изучаемую совокупность, будь то атомы или студенты, посещающие то или иное кафе.

*Выборка* – это небольшое количество элементов, отобранных с помощью научных методов так, чтобы она была репрезентативной, т. е. отражала популяцию в целом.

*Данные в статистике* – это основные элементы, подлежащие анализу. Данными могут быть какие-то количественные результаты, свойства, присущие определенным членам популяции, место в той или иной последовательности – в общем, любая информация, которая может быть классифицирована или разбита на категории с целью обработки.

Построение распределения – это разделение первичных данных, полученных на выборке, на классы или категории с целью получить обобщенную упорядоченную картину, позволяющую их анализировать.

Существуют три типа данных:

1. *Количественные данные*, получаемые при измерениях (например, данные о весе, размерах, температуре, времени, результатах тестирования и т.п.). Их можно распределить по шкале с равными интервалами.

2. *Порядковые данные*, соответствующие местам этих элементов в последовательности, полученной при их расположении в возрастающем порядке (1-й, ..., 7-й, ..., 100-й, ...; А, Б, В, ...).

3. *Качественные данные*, представляющие собой какие-то свойства элементов выборки или популяции. Их нельзя измерить, и единственной их количественной оценкой служит частота встречаемости (число лиц с голубыми или с зелеными глазами, курильщиков и не курильщиков утомленных и отдохнувших, сильных и слабых и т. п.).

Из всех этих типов данных только количественные данные можно анализировать с помощью методов, в основе которых лежат параметры (такие, например, как средняя арифметическая). Но даже к количественным данным такие методы можно применить лишь в том случае, если число этих данных достаточно, чтобы проявилось нормальное распределение. Итак, для использования параметрических методов в принципе необходимы три условия: данные должны быть количественными, их число должно быть достаточным, а их распределение – нормальным. Во всех остальных случаях всегда рекомендуется использовать непараметрические методы (Годфруа, 1992).

## *Составление таблиц*

Таблицы относятся к наиболее простому способу представления данных. Они состоят из колонок со значениями двух или более связанных переменных. С помощью этого метода трудно получить прямое и ясное указание на связь между переменными, но он часто является первым этапом регистрации информации и служит основой для выбора последующей формы графического представления данных (Грин и др., 1996).

## *Графическое представление данных*

График – это двухмерное изображение зависимости между двумя или более переменными. График самой простой формы строится на двух осях. По вертикальной оси (оси  $y$ ) откладываются значения, называемые *ординатами*, которые показывают величину *зависимой* переменной, т.е. функции. Это – «неизвестное количество», иными словами переменная, значения которой не выбираются экспериментатором. Горизонтальная ось  $x$  несет значения, называемые *абсциссами*, которые показывают величину *независимой* переменной. Это – «известное количество», т. е. переменная, значения которой выбираются экспериментатором.

График строится следующим образом:

1. Масштаб и интервалы на каждой оси должны выбираться в соответствии с величинами переменных, значения которых откладываются на графике таким образом, чтобы максимально использовать место на бумаге.

2. Каждая ось должна начинаться с 0, но если все значения одной переменной расположены близко друг к другу, например, между 6,12 и 6,68 лежит десять точек, то, чтобы разместить эти точки, потребуются крупный масштаб. В этом случае ось также начинают с 0, но сразу после нуля на оси делается отметка о разрыве в виде знака -/ /-.

3. На каждой оси необходимо отметить название и размерность переменной, например, «Температура, °C». Ось должна быть разделена на равные интервалы, например, от 0 до 60 на 12 интервалов по 5 единиц в каждом.

4. Точки, отмеченные на графике, называются *координатами*. Они представляют соответствующие значения двух переменных, например, когда  $x = a$ ,  $y = b$ .

5. Точки, нанесенные на основе фактических данных, необходимо отмечать кружком, крестиком или точкой в кружке, а не просто точкой.

Отмеченными на графике точками регистрируются фактические наблюдения. Точки могут соединяться серией прямых отрезков, начерченных по линейке, плавной кривой или в некоторых случаях кривой регрессии (линия наибольшего соответствия). Такие графики называются *линейными*. Точки лучше соединять прямыми отрезками или плавной кривой, а не кривой регрессии (Грин и др., 1996).

**А**

Время, сут	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Средняя высота, мм	1	2	4	11	24	43	73	92	105	112	117	122	124	126

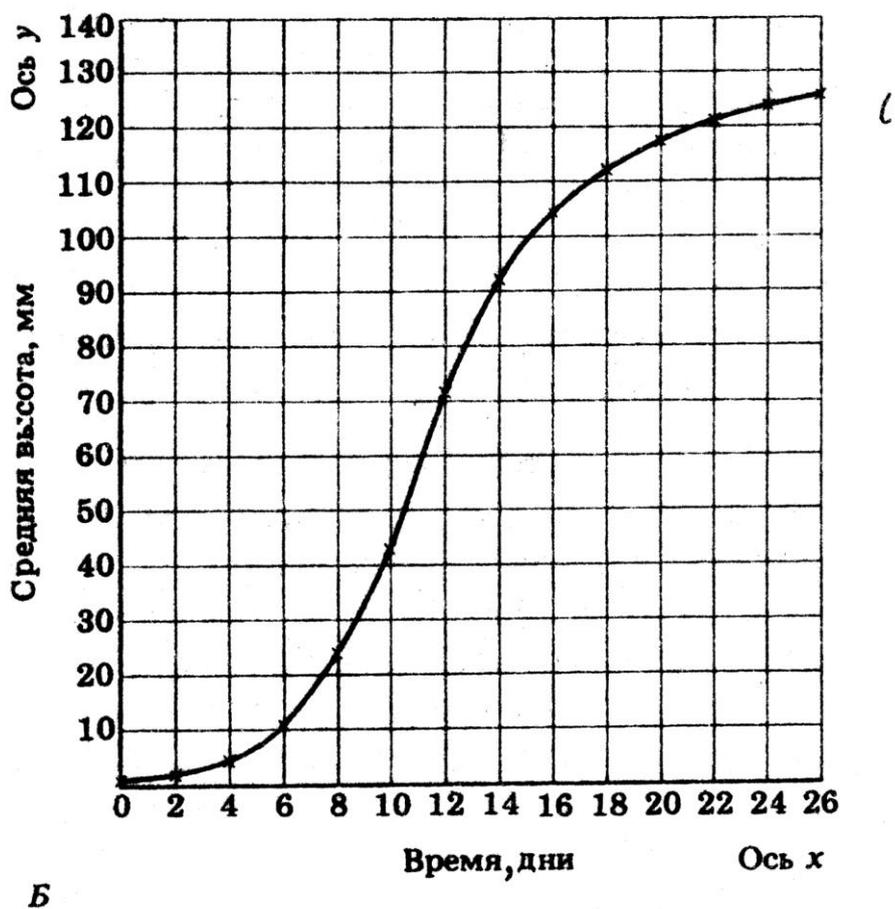
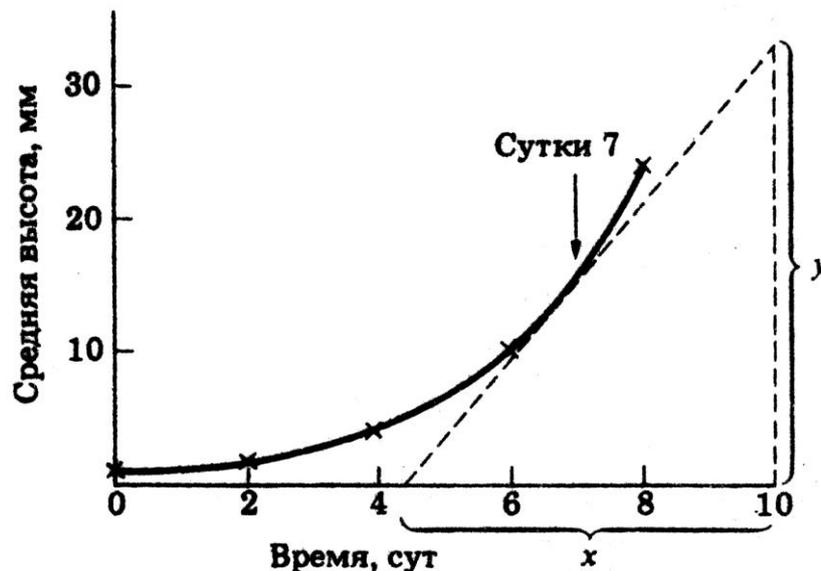


Рис.8. А. Два ряда данных: средняя высота проростков овса и продолжительность их роста. Б. График зависимости между средней высотой проростков овса и продолжительностью роста (Грин и др., 1996)



По графику:  $y = 33 \text{ мм}$

$x = 5,6 \text{ сут}$

Следовательно, скорость роста =  $y / x = 33 / 5,6 =$

$= 5,9 \text{ мм} \times \text{сут}^{-1}$

Рис.9. Метод определения скорости изменения в данной точке, например, на седьмой день (Грин и др., 1996)

7.Графику необходимо дать развернутое название, например: «График, показывающий связь между...».

8. Фактические данные представлены только точками, нанесенными на график, оценки же других значений можно получить, измерив координаты любой точки, лежащей на линии. Этот метод называется *интерполяцией*. Сходным образом, продолжив линию, можно определить координаты крайних точек графика. Этот метод известен как *экстраполяция*. В обоих случаях необходимо подчеркнуть, что полученные значения являются приблизительными.

По графикам, на оси  $x$  которых откладывается время, можно подсчитать крутизну кривой или градиент любой точки. Эта величина соответствует скорости изменения исследуемой переменной. Например, на графике, показанном на рис.8, скорость роста подсчитывают путем проведения касательной к кривой в требуемой точке и построения треугольника, в котором эта касательная является гипотенузой (рис.9). Затем значение отрезка  $y$  делят на значение отрезка  $x$  и получают скорость изменения в единицах, отложенных по осям графика (Грин и др., 1996).

### *Распределение частот*

Существует множество отношений между переменными, при которых каждое значение зависимой переменной, соответствующее значению

независимой переменной, представляет собой число событий, происходящих на данное значение независимой переменной, т.е. ее частоту. Такие отношения можно описать функцией *распределения частот*, или просто *распределением*, например, дождевых червей по длине тела в популяции.

Если независимая переменная может принимать любые значения в пределах данного ряда, то распределение частот можно представить в виде обычного графика, как это описано выше. Такие графики называются *кривыми распределения* и в зависимости от рода данных могут иметь одну из форм, описанных ниже. Если данные представляют собой численность организмов в пределах определенного интервала, как показано на рис.10,А, то распределение называется *непрерывным*, а все пространство под кривой составляет общую частоту событий.

*1. Кривая нормального распределения.*

В этом случае распределение частот симметрично относительно центрального значения, а рассматриваемые переменные относятся к физическим параметрам, таким, как рост или масса биологического объекта. Этот тип распределения показан на рис.10.

*2. Положительный уклон.*

Кривая распределения в этом случае несимметрична. Наибольшие частоты независимой переменной приходятся на ее более низкие значения, а по направлению к более высоким значениям кривая начинает «хвостить» (рис.11,А). В качестве примера такого распределения можно привести распределение числа детей, приходящихся на одну семью, размеров кладки у птиц, плотности фитопланктона с увеличением глубины (Грин и др., 1996).

**А**

Класс массы	50-	52-	54-	56-	58-	60-	62-	64-	66-	68-	70-
Частота	4	7	11	16	24	29	26	16	8	4	2

**Б**

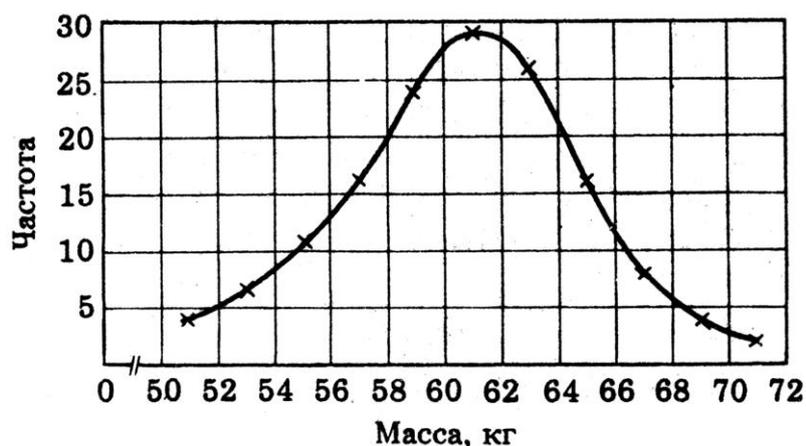


Рис.10. А. Представленная в виде таблицы численность 18-летних мужчин в каждом классе массы по 2 кг. Б. Графическое изображение данных из табл. А. дает кривую нормального распределения (Грин и др., 1996)

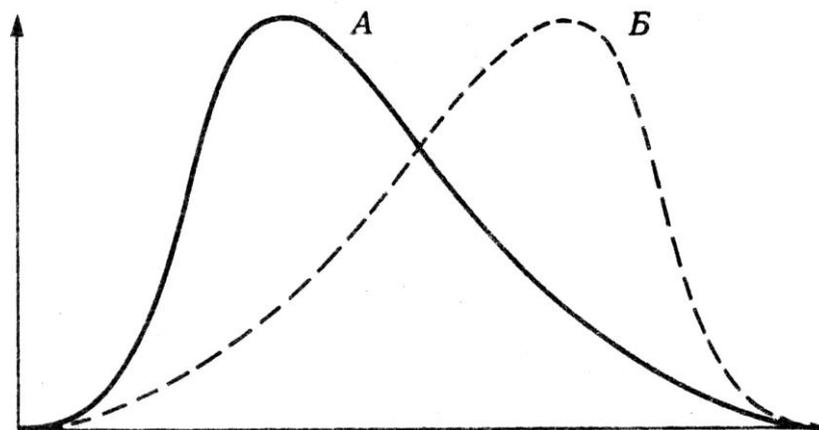


Рис.11. А. Распределение с положительным уклоном. Б. Распределение с отрицательным уклоном (Грин и др., 1996)

### 3. Отрицательный уклон.

В этом случае наибольшие частоты независимой переменной приходятся на ее более высокие значения, а по направлению к более низким значениям кривая начинает «хвостить» (рис.11,Б). Эта форма распределения встречается реже, чем предыдущая; она характерна для распределения некоторых форм смещения. Например, распределение оптимальных температур ферментативных реакций и выработка стимулирующих гормонов щитовидной железы в ответ на действие тироксина.

### 4. Бимодальное распределение.

В этом случае наблюдаются два максимума (или два пика), что обычно указывает на присутствие двух популяций, для каждой из которых характерно неполное нормальное распределение.

### 5. Совокупное распределение частот.

Данные, представленные на рис.10, можно также представить, как на рис.12. Здесь показано совокупное число организмов, находящихся ниже определенного произвольно выбранного класса границ. Если эти данные изобразить графически, то получится кривая совокупного распределения частот.

Если независимая переменная принимает дискретные значения, например, целые числа 3 и 5 (как число лепестков у двудольных), или ею представлены физические признаки, такие, например, как группы крови, которые характеризуются дискретными значениями, то распределение не будет *непрерывным*. В этом случае нельзя начертить непрерывную кривую, поэтому используются другие, описанные ниже формы графического изображения данных (Грин и др., 1996).

1. *Диаграмма в виде вертикальных столбцов*. Она показывает частоту, с которой определенные признаки встречаются внутри популяции. Например, при помощи такой диаграммы можно отобразить частоту групп крови у человека (см. рис.13,А).

2. *Гистограмма*. Она строится на непрерывных значениях независимой переменной, сгруппированных в классы равной ширины. Когда классы равной ширины выбраны, например 0-5, 5-10, 10-15 и т.д., границы интервалов обычно проходят по числам меньшим, чем указанные целые значения, т.е. 0-4,99; 5-9,99; 10-14,99 и т.д. В форме гистограммы удобно представлять данные, характеризующие наибольшие выборки. Внешне гистограммы похожи на диаграммы в виде вертикальных столбцов (рис.13,Б).

3. *Диаграмма в виде горизонтальных столбцов*. Это видоизмененная форма гистограммы. Она обычно используется для того, чтобы показать отношения между непрерывной зависимой переменной, например содержанием энергии, и нечисловой независимой переменной, например различными видами пищи (рис.13,В). Видоизмененная форма горизонтальной диаграммы используется для представления экологических данных; она называется диаграммой присутствия-отсутствия (см. рис.13,А).

*Кайт-диаграмма*. Это особый тип горизонтальной диаграммы, который дает предельно ясное наглядное изображение изменения частот неисчисляемых переменных непрерывно распределенных в пределах определенной площади. Кайт-диаграмма строится путем нанесения частот каждой переменной в виде параллельных отрезков, перпендикулярных оси x (см. рис.14,А) (Грин и др., 1996).

**А**

Масса, кг	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72
Совокупная частота	0	4	11	22	38	62	91	117	133	141	145	147

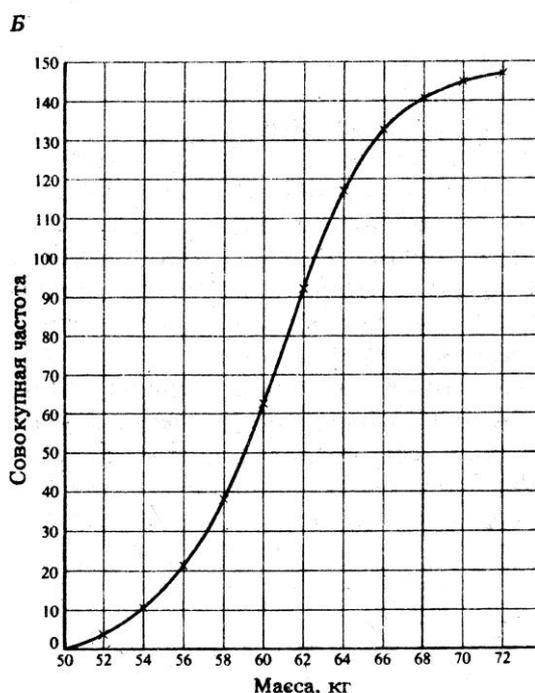


Рис.12. Таблица (А) и график (Б), построенные на основе рис.10, А, представляющие совокупную частоту распределения массы среди 18-летних мужчин (Грин и др., 1996)

После того как все частоты нанесены вдоль оси  $x$ , соседние концы отрезков соединяются прямыми линиями как при построении линейного графика (см. рис.14,Б). Заключенную внутрь фигуру площадь обычно заштриховывают, чтобы получить более наглядное изображение.

Каждый из описанных выше способов представления данных используется при решении различных биологических задач. Все перечисленные способы изложены в различных главах этой книги. Каждый метод имеет свои достоинства. При выборе того или иного метода следует руководствоваться тем, как можно наиболее точно и рационально продемонстрировать связи и характер отношений между переменными (Грин и др., 1996).

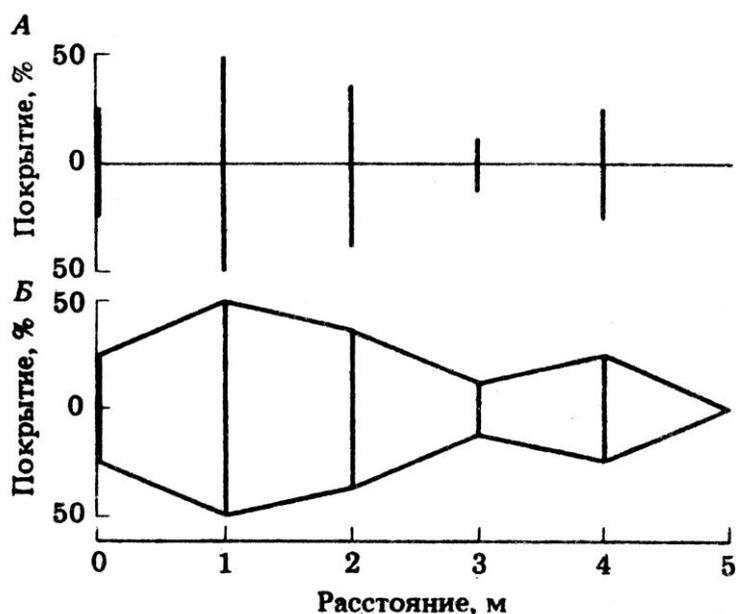


Рис.14. Способы построения кайт-диаграммы (от англ. «kite» – бумажный змей) (Грин и др., 1996)

## Описательная статистика

Описательная статистика позволяет обобщать первичные результаты, полученные при наблюдении или в эксперименте. Процедуры здесь сводятся к группировке данных по их значениям, построению распределения их частот, выявлению центральных тенденций распределения (например, средней арифметической) и, наконец, к оценке разброса данных по отношению к найденной центральной тенденции.

После того как данные записаны в виде ряда характеризующих переменные значения, например, таких, как рост или частота сокращений сердца, полезно подсчитать их среднее значение и разброс значений. Оценки среднего значения называются характеристиками расположения относительно центра. Они включают среднее, медиану и моду. Оценки разброса величин называются мерой рассеяния, они включают дисперсию и стандартное отклонение (Годфруа, 1992).

### *Характеристики расположения относительно центра*

#### *Среднее (среднее арифметическое)*

Это «средняя величина» группы значений, которую получают путем сложения всех значений и деления суммы на число сложенных значений. Например, среднее ( $\bar{x}$ ) для значений  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ , подсчитывается следующим образом:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \text{ или } \bar{x} = \frac{\sum x}{n},$$

где  $\sum$  – сумма или общее количество,  $x$  – отдельное значение и  $n$  – число отдельных значений.

Если одно и то же значение  $x$  встречается более чем один раз, среднее ( $\bar{x}$ ) можно подсчитать, используя выражение  $\bar{x} = \frac{\sum f \cdot x}{\sum f}$ , где  $\sum f$  – сумма частоты встречаемости  $x$ , или проще –  $n$  (Грин и др., 1996).

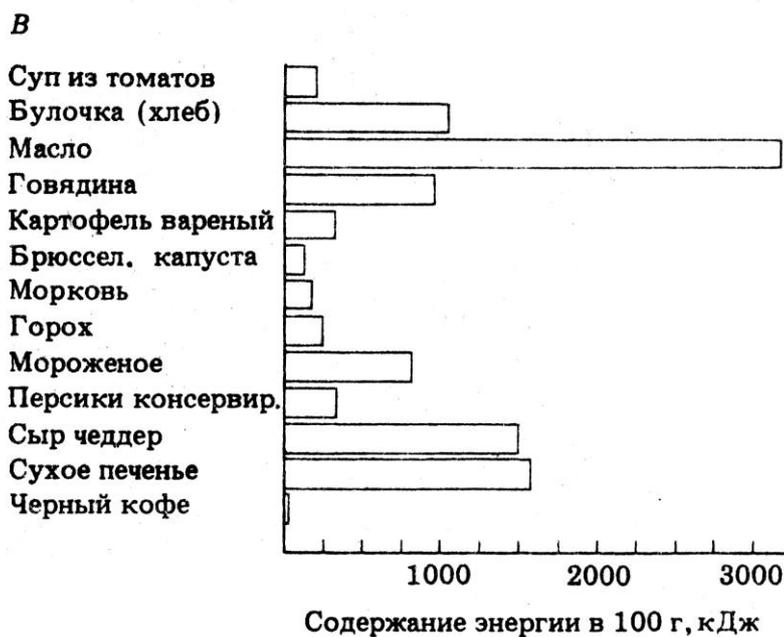
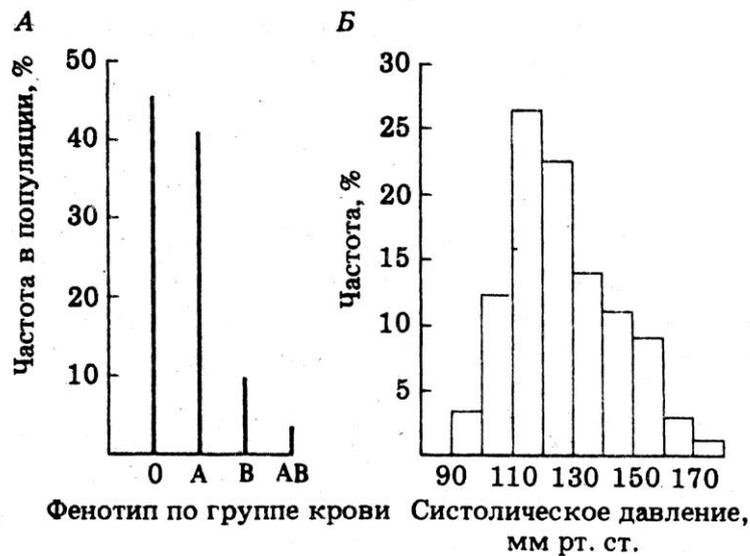


Рис.13. Способы представления данных. А. Диаграмма с вертикальным расположением столбцов, показывающая фенотипы по группам крови в популяции. Б. Гистограмма, показывающая частоту различного систолического кровяного давления у женщин в возрасте от 30 до 39 лет. В. Диаграмма с горизонтальным расположением столбцов, показывающая содержание энергии в пище (при трехразовом питании) (Грин и др., 1996)

### Медиана

Она представляет собой среднее, или центральное, значение группы переменных. Например, если пять значений  $x$  расположены в следующей последовательности:  $x_1, x_2, x_3, x_4$  и  $x_5$ , то значение медианы будет равно  $x_3$ , так как равное число значений расположено до и после  $x_3$ . Если число значений четное, например от  $x_1$  до  $x_6$ , то медиана будет равняться среднему

из двух срединных значений  $\frac{x_3 + x_4}{2}$  (Грин и др., 1996).

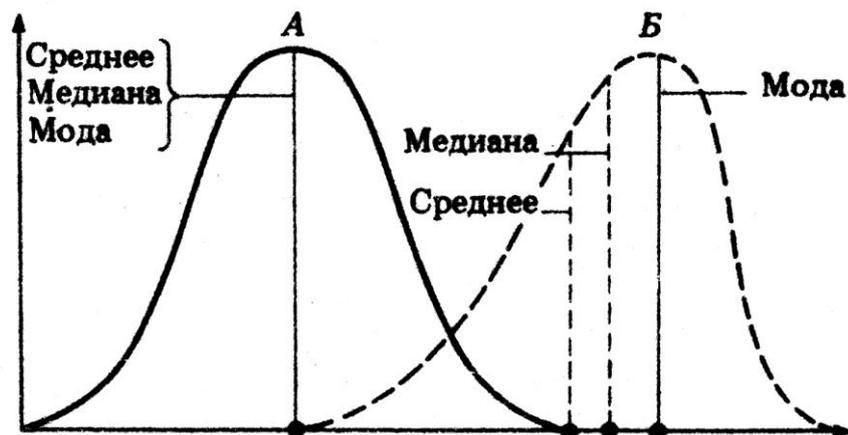


Рис.15. Положение среднего, медианы и моды при нормальном распределении (А) и при распределении с уклоном (Б) (Грин и др., 1996)

### *Мода*

Это значение переменной, встречающееся наиболее часто. Например, если число детей в десяти семьях соответственно равно 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 4, то мода равна 2.

Каждое из трех значений, описанных выше, имеет свои преимущества и недостатки и применяется при решении определенных задач. Проиллюстрировать применение среднего или моды можно на примере с различным числом детей в семьях. Среднее число детей в семье составляет 2,4, но так как ребенок – величина дискретная, естественно описывать число детей в семье в целых числах, т. е. с помощью моды, которая равна 2.

В случае нормального распределения значения среднего, медианы и моды совпадают (рис.15,А). В случае того или иного уклона частоты распределения их значения не совпадают (рис.15,Б) (Грин и др., 1996).

### *Оценки дисперсии*

Для того чтобы оценить, в какой мере значения признака отклоняются от среднего, вычисляют среднее и дисперсию. Для нормального распределения это проиллюстрировано двумя кривыми на рис.16. При статистическом анализе данных ' очень информативной является оценка среднего квадратичного или стандартного отклонения; по этим показателям можно предсказать и распределение значений вокруг среднего и ответить на вопрос, достоверна ли разница между двумя группами данных.

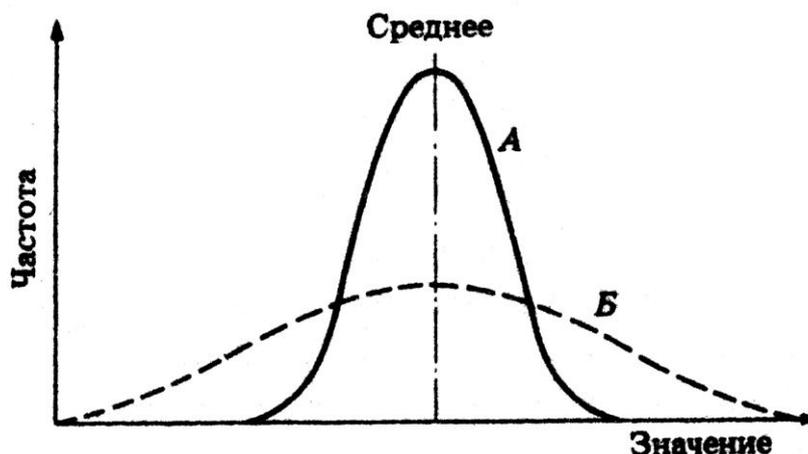


Рис.16. Две кривые нормального распределения, демонстрирующие распределение двух совокупностей данных (возможно, характеризующих популяцию) с одинаковой общей частотой (т. е. площади под кривыми равны). Кривая А построена по ограниченному ряду значений, сгруппированных вокруг среднего. Кривая Б построена по широкому ряду значений, не сгруппированных вокруг среднего (Грин и др., 1996)

### Стандартное отклонение

Стандартное отклонение ( $s$ ) совокупности данных служит мерой отличия этих данных от среднего арифметического. Для его подсчета используют формулу:

$$s = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{\sum f} - \bar{x}^2},$$

где  $\sum$  – сумма,  $f$  – частота,  $x$  – отдельные значения и  $\bar{x}$  – среднее. Например, в выборке из десяти раковин блюдечка (*Patella vulgaris*), отобранных на скалистом берегу, эти раковины имеют следующие максимальные значения диаметров в миллиметрах: 36, 34, 41, 39, 37, 43, 36, 37, 41, 39. Чтобы определить среднее максимальное значение диаметра и стандартное отклонение, необходимо вычислить  $f$ ,  $fx^2$  и  $\bar{x}^2$ , как это показано в следующей таблице:

x	f	fx	fx <sup>2</sup>
34	1	34	1156
36	2	72	2592
37	2	74	2738
39	2	78	3042
41	2	82	3362
43	1	43	1849

$$\sum f = 10 \quad \sum fx = 383 \quad \sum fx^2 = 14739$$

Следовательно,  $\bar{x} = 38,3$  а  $\bar{x}^2 = 1466,9$ .

Так как  $s = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{\sum f} - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{14739}{10} - 1466,9} = \sqrt{1473,9 - 1466,9} = \sqrt{7}$ ,

следовательно,  $s = 2,65$ .

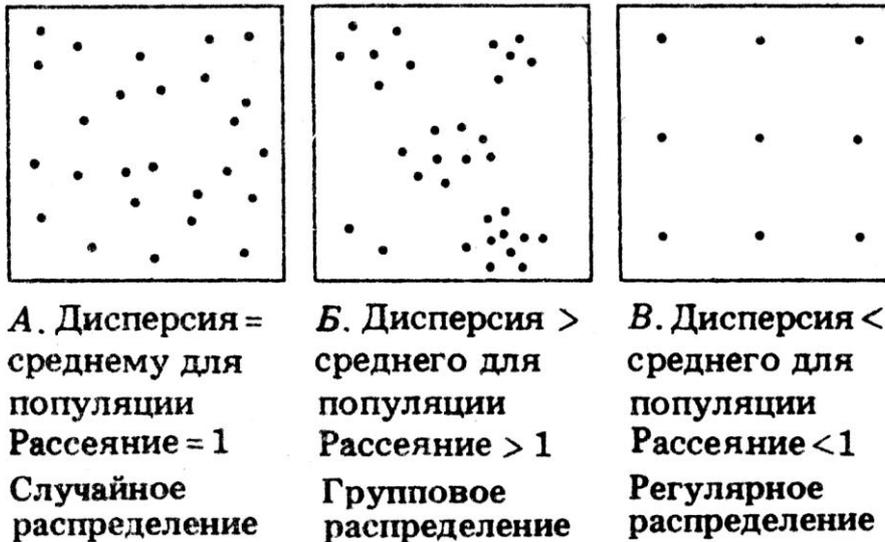


Рис.17. Типы распределения (Грин и др., 1996)

В этой популяции имеющих общее происхождение блюдечек среднее максимальное значение диаметра раковины равно 38,3 мм, а стандартное отклонение равно 2,7 мм (округлили до одной десятой). Если эти значения применить к более крупной популяции блюдечек общего происхождения, то на основе статистики можно предположить, что приблизительно 68% популяции будет иметь диаметр раковины 38,3 мм плюс-минус одно стандартное отклонение (2,7 мм), т.е. размеры раковин будут лежать в интервале от 35,6 до 41,0 мм; приблизительно 95% популяции будут иметь диаметр раковины 38,3 мм плюс-минус два стандартных отклонения (5,4 мм), т. е. диаметры будут лежать в интервале 32,9-43,7 мм, а практически 100% будут лежать в интервале плюс-минус три стандартных отклонения от 38,3 мм.

По величине стандартного отклонения можно судить о разбросе данных. Если стандартное отклонение мало, то, следовательно, разброс (отклонение от среднего) невелик и популяция в значительной степени однородна, как это показано на рис.16,А. С увеличением стандартного отклонения увеличивается степень изменчивости внутри популяции, как показано на рис.16,Б (Грин и др., 1996).

### *Дисперсия*

Дисперсия – это квадрат стандартного отклонения. Дисперсия совокупности значений подсчитывается по следующей формуле:

$$(s^2) = \frac{\sum fx^2}{\sum f} - \bar{x}^2,$$

где  $f$  – число значений в совокупности.

Дисперсию обычно подсчитывают в экологических исследованиях, включающих изучение питания, размножения и поведения, поскольку она служит показателем распределения организмов внутри популяции. Распределение может быть: случайным, групповым, регулярным.

Для того чтобы определить тип распределения организмов внутри популяции, исследуемую площадь делят на квадраты равного размера и подсчитывают число организмов этой популяции в каждом квадрате. Исходя из этих данных, подсчитывают значение дисперсии по следующей формуле:

$$\text{среднее } (\bar{x}) = \frac{\sum fx}{f};$$

$$\text{дисперсия } (s^2) = \frac{\sum fx^2}{\sum f} - \bar{x}^2,$$

где  $f$  – число квадратов, содержащих  $x$  организмов.

Используя формулу

$$\text{Дисперсия} \\ \text{Распределение популяции} = \frac{\text{-----}}{\text{Среднее}}$$

можно выделить три типа распределения (рис.17) (Грин и др., 1996).

**A**

Масса, кг	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>55</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>62</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>64</b>
Рост, см	154	155	156	158	158	159	161	162	163	165
	<b>67</b>	<b>69</b>	<b>71</b>	<b>68</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>77</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>81</b>
	166	168	169	170	172	173	174	176	177	180

$$\bar{x} = 65,7 \quad \bar{y} = 165,8$$

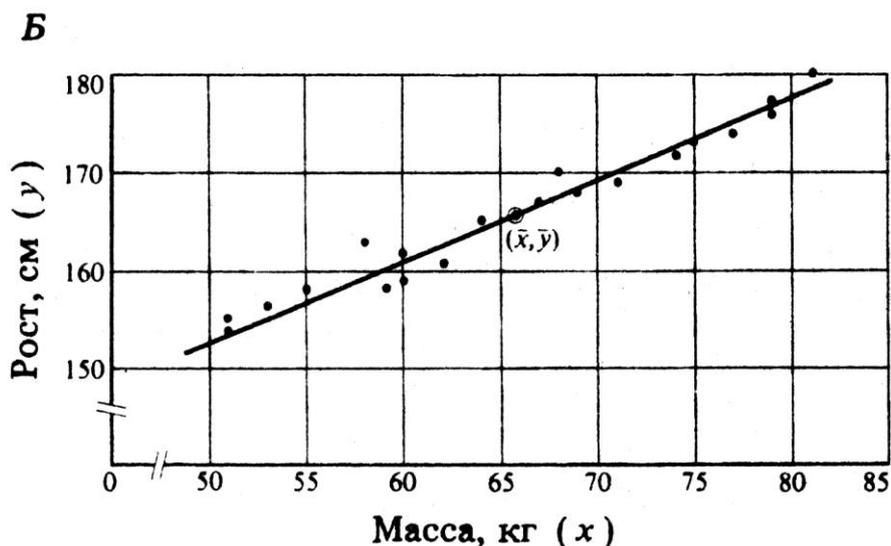


Рис.18. Данные о массе и соответствующем росте 20- и 16-летних студентов мужского пола представлены в виде таблицы (А) и диаграммы рассеяния (Б). Построена кривая регрессии (Грин и др., 1996)

### *Связь между переменными*

Данные всегда необходимо представлять таким образом, чтобы можно было выявить связи между двумя или более их совокупностями. Проще всего это сделать с помощью графика или диаграммы, показывающих связь между переменными. Но это целесообразно только в том случае, если одна из переменных (независимая переменная) находится под контролем экспериментатора, как, например, в случае, приведенном на рис.8.

В других случаях, когда обе переменные являются независимыми, составляют таблицу, в которой значение одной помещают под соответствующим значением другой, как, например, в случае данных о росте и массе 20 студентов шестого курса, приведенных на рис.18,А. На основе этих данных вычерчивают график (рис.18,Б), который называется *диаграммой рассеяния*. По внешнему виду графика видно, что эти две переменные связаны между собой некоторым образом, но эту связь невозможно описать более точно до тех пор, пока они не будут представлены в виде прямой линии, проходящей через точки графика.

Эта линия называется «*линией наибольшего соответствия*», или *линией регрессии*. Мера приближения точек к линии указывает на степень корреляции между двумя переменными. Линия наибольшего соответствия должна проходить через точку, соответствующую среднему значению массы и роста ( $\bar{x} = 65,7$  кг,  $\bar{y} = 165,8$  см), а число точек над и под линией должно быть приблизительно одинаковым. По этой линии можно подсчитать рост, соответствующий определенной массе (Грин и др., 1996).

## Индуктивная статистика

Задачи индуктивной статистики заключаются в том, чтобы определить, насколько вероятно, что две выборки принадлежат к одной популяции.

Для этого необходимо наложить друг на друга, с одной стороны, две кривые – до и после воздействия – для контрольной группы и, с другой стороны, две аналогичные кривые для опытной группы. При этом масштаб кривых должен быть одинаковым.

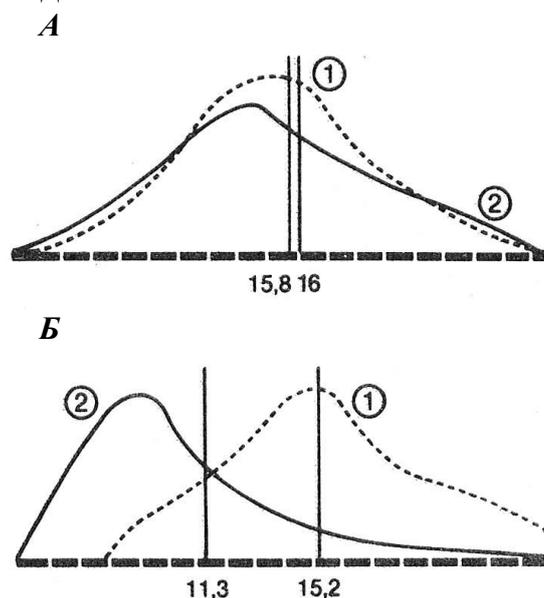


Рис.19. Реакция на воздействие в контрольной и опытной группах.

А – контрольная группа; Б – опытная группа.

1 – фон; 2 – реакция на воздействие (Годфруа, 1992).

Видно, что в контрольной группе разница между средними обоих распределений невелика, и поэтому можно предположить, что обе выборки принадлежат к одной и той же популяции. Напротив, в опытной группе большая разность между средними позволяет сделать вывод о том, что распределения для фона и воздействия относятся к двум различным популяциям, разница между которыми обусловлена тем, что на одну из них повлияла независимая переменная (Годфруа, 1992).

### *Проверка гипотез*

Как уже говорилось, задача индуктивной статистики – определять, достаточно ли велика разность между средними двух распределений для того, чтобы можно было объяснить ее действием независимой переменной, а не случайностью, связанной с малым объемом выборки (как, по-видимому, обстоит дело в случае с опытной группой эксперимента).

При этом возможны две гипотезы:

1) нулевая гипотеза ( $H_0$ ), согласно которой разница между распределениями недостоверна; предполагается, что различие недостаточно значительно, и поэтому распределения относятся к одной и той же популяции, а независимая переменная не оказывает никакого влияния;

2) альтернативная гипотеза ( $H_1$ ), какой является рабочая гипотеза данного исследования. В соответствии с этой гипотезой различия между обоими распределениями достаточно значимы и обусловлены влиянием независимой переменной.

Основной принцип метода проверки гипотез состоит в том, что выдвигается нулевая гипотеза  $H_0$ , с тем чтобы попытаться опровергнуть ее и тем самым подтвердить альтернативную гипотезу  $H_1$ . Действительно, если результаты статистического теста, используемого для анализа разницы между средними, окажутся таковы, что позволят отбросить  $H_0$ , это будет означать, что верна  $H_1$ , т.е. выдвинутая рабочая гипотеза подтверждается.

Принято считать, что нулевую гипотезу можно отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы, если по результатам статистического теста вероятность случайного возникновения найденного различия не превышает 5 из 100. Если же этот уровень достоверности не достигается, считают, что разница вполне может быть случайной и поэтому нельзя отбросить нулевую гипотезу (Годфруа, 1992).

Для того чтобы судить о том, какова вероятность ошибиться, принимая или отвергая нулевую гипотезу, применяют статистические методы, соответствующие особенностям выборки.

Так, для количественных данных при распределениях, близких к нормальным, используют параметрические методы, основанные на таких показателях, как средняя и стандартное отклонение. В частности, для определения достоверности разницы средних для двух выборок применяют метод Стьюдента, а для того чтобы судить о различиях между тремя или большим числом выборок, – тест F, или дисперсионный анализ.

Если же мы имеем дело с неколичественными данными или выборки слишком малы для уверенности в том, что популяции, из которых они взяты, подчиняются нормальному распределению, тогда используют непараметрические методы – критерии  $\chi^2$  ( $\chi^2$ ) для качественных данных и критерии знаков, рангов, Манна-Уитни, Вилкоксона и другие для порядковых данных.

Кроме того, выбор статистического метода зависит от того, являются ли те выборки, средние которых сравниваются, независимыми (т.е., например, взятыми из двух разных групп испытуемых) или зависимыми (т.е. отражающими результаты одной и той же группы испытуемых до и после воздействия или после двух различных воздействий) (Годфруа, 1992).

## ***Уровни достоверности (значимости)***

Тот или иной вывод с некоторой вероятностью может оказаться ошибочным, причем эта вероятность тем меньше, чем больше имеется данных для обоснования этого вывода. Таким образом, чем больше получено результатов, тем в большей степени по различиям между двумя выборками можно судить о том, что действительно имеет место в той популяции, из которой взяты эти выборки.

Однако обычно используемые выборки относительно невелики, и в этих случаях вероятность ошибки может быть значительной. В гуманитарных науках принято считать, что разница между двумя выборками отражает действительную разницу между соответствующими популяциями лишь в том случае, если вероятность ошибки для этого утверждения не превышает 5%, т.е. имеется лишь 5 шансов из 100 ошибиться, выдвигая такое утверждение. Это так называемый уровень достоверности (уровень надежности, доверительный уровень) различия. Если этот уровень не превышен, то можно считать вероятным, что выявленная нами разница действительно отражает положение дел в популяции (отсюда еще одно название этого критерия – порог вероятности).

Для каждого статистического метода этот уровень можно узнать из таблиц распределения критических значений соответствующих критериев ( $t$ ,  $\chi^2$  и т.д.); в этих таблицах приведены цифры для уровней 5% (0,05), 1% (0,01) или еще более высоких. Если значение критерия для данного числа степеней свободы оказывается ниже критического уровня, соответствующего порогу вероятности 5%, то нулевая гипотеза не может считаться опровергнутой, и это означает, что выявленная разница недостоверна (Годфруа, 1992).

## ***Параметрические методы***

### ***Метод Стьюдента (t-тест)***

Это параметрический метод, используемый для проверки гипотез о достоверности разницы средних при анализе количественных данных о популяциях с нормальным распределением и с одинаковой дисперсией.

Метод Стьюдента различен для независимых и зависимых выборок. Независимые выборки получают при исследовании двух различных групп испытуемых (в нашем эксперименте это контрольная и опытная группы). В случае независимых выборок для анализа разницы средних применяют формулу:

$$t = \frac{\overline{M}_1 - \overline{M}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}},$$

где  $\overline{M}_1$  – средняя первой выборки;  $\overline{M}_2$  – средняя второй выборки;  $s_1$  – стандартное отклонение для первой выборки;  $s_2$  – стандартное отклонение для второй выборки;  $n_1$  и  $n_2$  – число элементов в первой и второй выборках.

Теперь осталось лишь найти в таблице значений  $t$  величину, соответствующую  $n - 2$  степеням свободы, где  $n$  – общее число испытуемых в обеих выборках и сравнить эту величину с результатом расчета по формуле.

Если наш результат больше, чем значение для уровня достоверности 0,05 (вероятность 5%), найденное в таблице, то можно отбросить нулевую гипотезу ( $H_0$ ) и принять альтернативную гипотезу ( $H_1$ ), т.е. считать разницу средних достоверной.

Если же, напротив, полученный при вычислении результат меньше, чем табличный (для  $n - 2$  степеней свободы), то нулевую гипотезу нельзя отбросить и, следовательно, разница средних недостоверна (Годфруа, 1992).

### *Степени свободы*

Для того чтобы свести к минимуму ошибки, в таблицах критических значений статистических критериев в общем количестве данных не учитывают те, которые можно вывести методом дедукции. Оставшиеся данные составляют так называемое число степеней свободы, т. е. то число данных из выборки, значения которых могут быть случайными.

Так, если сумма трех данных равна 8, то первые два из них могут принимать любые значения, но если они определены, то третье значение становится автоматически известным. Если, например, значение первого данного равно 3, а второго – 1, то третье может быть равным только 4. Таким образом, в такой выборке имеются только две степени свободы. В общем случае для выборки в  $n$  данных существует  $n - 1$  степень свободы.

Если у нас имеются две независимые выборки, то число степеней свободы для первой из них составляет  $n_1 - 1$ , а для второй –  $n_2 - 1$ . А поскольку при определении достоверности разницы между ними опираются на анализ каждой выборки, число степеней свободы, по которому нужно будет находить критерий  $t$  в таблице, будет составлять  $(n_1 + n_2) - 2$ .

Если же речь идет о двух зависимых выборках, то в основе расчета лежит вычисление суммы разностей, полученных для каждой пары результатов (т. е., например, разностей между результатами до и после воздействия на одного и того же испытуемого). Поскольку одну (любую) из этих разностей можно вычислить, зная остальные разности и их сумму, число степеней свободы для определения критерия  $t$  будет равно  $n - 1$  (Годфруа, 1992).

### **Метод Стьюдента для зависимых выборок**

К зависимым выборкам относятся, например, результаты одной и той же группы испытуемых до и после воздействия независимой переменной. В нашем случае с помощью статистических методов для зависимых выборок можно проверить гипотезу о достоверности разницы между фоновым уровнем и уровнем после воздействия отдельно для опытной и для контрольной группы.

Для определения достоверности разницы средних в случае зависимых выборок применяется следующая формула:

$$t = \frac{\sum d}{\sqrt{\frac{n\sum d^2 - (\sum d)^2}{n-1}}}$$

где  $d$  – разность между результатами в каждой паре;  $\sum d$  – сумма этих частных разностей;  $\sum d^2$  – сумма квадратов частных разностей.

Полученные результаты сверяют с таблицей  $t$ , отыскивая в ней значения, соответствующие  $n - 1$  степени свободы;  $n$  – это в данном случае число пар данных.

Перед тем как использовать формулу, необходимо вычислить для каждой группы частные разности между результатами во всех парах, квадрат каждой из этих разностей, сумму этих разностей и сумму их квадратов (Годфруа, 1992).

### **Дисперсионный анализ (тест F Снедекора)**

Метод Снедекора – это параметрический тест, используемый в тех случаях, если имеются три или большее число выборок. Сущность этого метода заключается в том, чтобы определить, является ли разброс средних для различных выборок относительно общей средней для всей совокупности данных достоверно отличным от разброса данных относительно средней в пределах каждой выборки. Если все выборки принадлежат одной и той же популяции, то разброс между ними должен быть не больше, чем разброс данных внутри их самих. В методе Снедекора в качестве показателя разброса используют дисперсию (дисперсию). Поэтому анализ сводится к тому, чтобы сравнить дисперсию распределений между выборками с дисперсиями в пределах каждой выборки, или:

$$F = \frac{\hat{\sigma}_{\text{между}}^2}{\hat{\sigma}_{\text{внутри}}^2},$$

где  $\hat{\sigma}_{\text{между}}^2$  – варианса средних каждой выборки относительно общей средней;  $\hat{\sigma}_{\text{внутри}}^2$  – варианса данных внутри каждой выборки.

Если различие между выборками недостоверно, то результат должен быть близок к 1. Чем больше будет F по сравнению с 1, тем более достоверно различие.

Таким образом, дисперсионный анализ показывает, принадлежат ли выборки к одной популяции, но с его помощью нельзя выделить те выборки, которые отличаются от других. Для того чтобы определить те пары выборок, разница между которыми достоверна, следует после дисперсионного анализа применить метод Шеффе. Поскольку, этот метод требует достаточно больших вычислений, для ознакомления с ним рекомендуется обратиться к какому-либо специальному пособию по статистике (Годфруа, 1992).

### *Непараметрические методы*

#### *Метод $\chi^2$ («хи - квадрат»)*

Для использования непараметрического метода  $\chi^2$  не требуется вычислять среднюю или стандартное отклонение. Преимущество состоит в том, что для применения необходимо знать лишь зависимость распределения его частот результатов от двух переменных; это позволяет выяснить, связаны они друг с другом или, наоборот, независимы. Таким образом, этот статистический метод используется для обработки качественных данных. Кроме того, с его помощью можно проверить, существует ли достоверное различие между числом людей, справляющихся или нет с заданием какого-то интеллектуального теста, и числом этих же людей, получающих при обучении высокие или низкие оценки; между числом больных, получивших новое лекарство, и числом тех, кому это лекарство помогло; и, наконец, существует ли достоверная связь между возрастом людей и их успехом или неудачей в выполнении тестов на память и т.п. Во всех подобных случаях этот тест позволяет определить число испытуемых, удовлетворяющих одному и тому же критерию для каждой из переменных.

Значение  $\chi^2$  вычисляется по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\mathcal{E} - T)^2}{T},$$

где  $\mathcal{E}$  – эмпирическая частота,  $T$  – теоретическая частота (Годфруа, 1992).

### ***Критерий знаков (биномиальный критерий)***

Критерий знаков – это еще один непараметрический метод, позволяющий легко проверить, повлияла ли независимая переменная на выполнение задания испытуемыми. При этом методе сначала подсчитывают число испытуемых, у которых результаты снизились, а затем сравнивают его с тем числом, которого можно было ожидать на основе чистой случайности. Далее определяют разницу между этими двумя числами, чтобы выяснить, насколько она достоверна.

При подсчетах результаты, свидетельствующие о повышении эффективности, берут со знаком плюс, а о снижении – со знаком минус; случаи отсутствия разницы не учитывают.

Расчет ведется по следующей формуле:

$$Z = \frac{(X \pm 0,5) - \frac{n}{2}}{\sqrt{\frac{n}{2}}},$$

где  $X$  – сумма «плюсов» или сумма «минусов»;  $n/2$  – число сдвигов в ту или в другую сторону при чистой случайности (один шанс из двух); 0,5 – поправочный коэффициент, который добавляют к  $X$ , если  $X < n/2$ , или вычитают, если  $X > n/2$  (Годфруа, 1992).

### ***Другие непараметрические критерии***

Существуют и другие непараметрические критерии, позволяющие проверять гипотезы с минимальным количеством расчетов.

Критерий рангов позволяет проверить, является ли порядок следования каких либо событий или результатов случайным, или же он связан с действием какого-то фактора, не учтенного исследователем. С помощью этого критерия можно, например, определить, случаен ли порядок чередования мужчин и женщин в очереди. В нашем опыте этот критерий позволил бы узнать, не чередуются ли плохие и хорошие результаты каждого испытуемого опытной группы после воздействия каким-то определенным образом или не приходятся ли хорошие результаты в основном на начало или конец испытаний.

При работе с этим критерием сначала выделяют такие последовательности, в которых подряд следуют значения меньше медианы, и такие, в которых подряд идут значения больше медианы. Далее по таблице рас-

пределения  $R$  (от англ. «runs» - последовательности) проверяют, обусловлены ли эти различные последовательности только случайностью.

При работе с порядковыми данными используют такие непараметрические тесты, как тест  $U$  (Манна-Уитни) и тест Т.Вилкоксона. Тест  $U$  позволяет проверить, существует ли достоверная разница между двумя независимыми выборками после того, как сгруппированные данные этих выборок классифицируются и ранжируются, и вычисляется сумма рангов для каждой выборки. Что же касается критерия  $T$ , то он используется для зависимых выборок и основан как на ранжировании, так и на знаке различий между каждой парой данных.

### ***Корреляционный анализ***

При изучении корреляций стараются установить, существует ли какая-то связь между двумя показателями в одной выборке (например, между ростом и весом детей или между уровнем IQ и школьной успеваемостью) либо между двумя различными выборками (например, при сравнении пар близнецов), и если эта связь существует, то сопровождается ли увеличение одного показателя возрастанием (положительная корреляция) или уменьшением (отрицательная корреляция) другого.

Иными словами, корреляционный анализ помогает установить, можно ли предсказывать возможные значения одного показателя, зная величину другого.

До сих пор при анализе результатов нашего опыта, описанного на странице 49, мы сознательно игнорировали такой показатель, как время реакции. Между тем было бы интересно проверить, существует ли связь между эффективностью реакций и их быстротой. Это позволило бы, например, утверждать, что чем человек медлительнее, тем точнее и эффективнее будут его действия, и наоборот.

С этой целью можно использовать два разных способа: параметрический метод расчета коэффициента Брауэ-Пирсона ( $r$ ) и вычисление коэффициента корреляции рангов Спирмена ( $r_s$ ), который применяется к порядковым данным, т.е. является непараметрическим. Однако разберемся сначала в том, что такое коэффициент корреляции (Годфруа, 1992).

### ***Коэффициент корреляции***

Коэффициент корреляции – это величина, которая может варьировать в пределах от +1 до -1. В случае полной положительной корреляции этот коэффициент равен плюс 1, а при полной отрицательной – минус 1. На графике этому соответствует прямая линия, проходящая через точки

пересечения значений каждой пары данных:

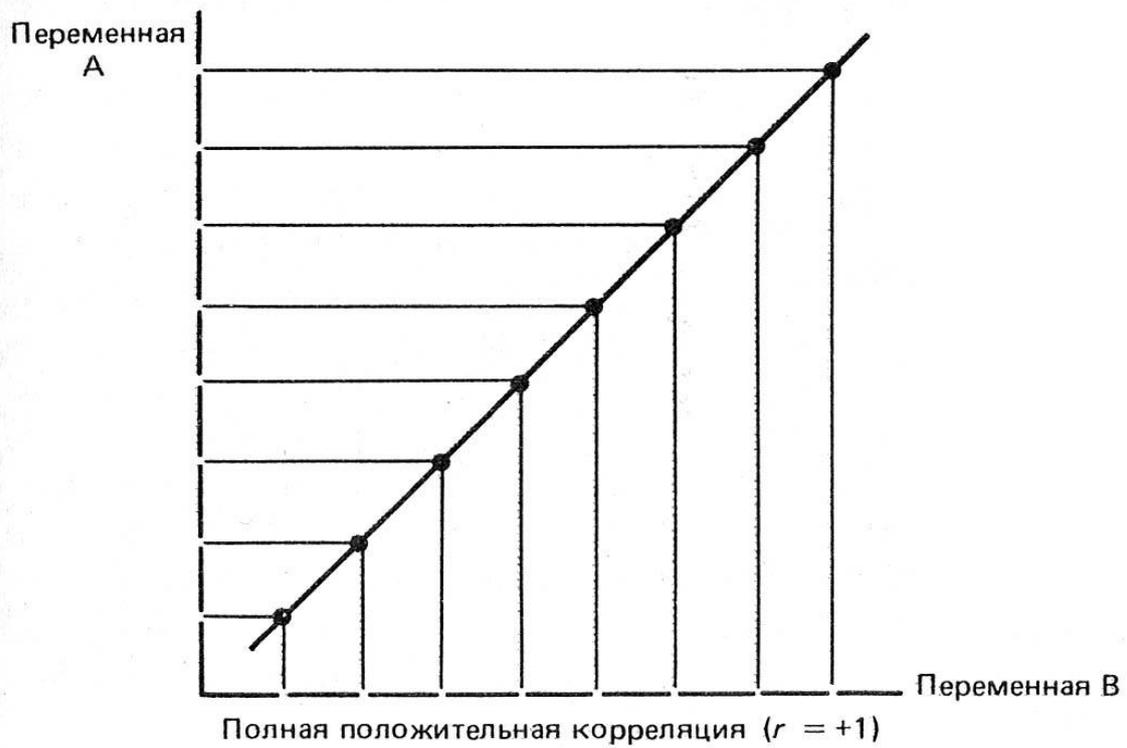


Рис.20. Положительная и отрицательная корреляция (Годфруа, 1992).

В случае же если эти точки не выстраиваются по прямой линии, а образуют «облако», коэффициент корреляции по абсолютной величине становится меньше единицы и по мере округления этого облака прибли-

жается к нулю:

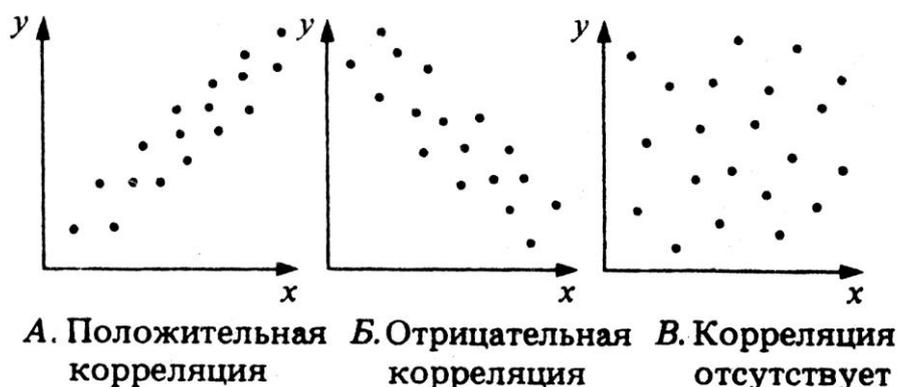


Рис.19. Типы корреляции; А – положительная корреляция; Б – отрицательная корреляция; В – корреляция отсутствует (Грин и др., 1996)

В случае, если коэффициент корреляции равен 0, обе переменные полностью независимы друг от друга.

Корреляция считается сильной, если ее коэффициент выше 0,60; если же он превышает 0,90, то корреляция считается очень сильной. Однако для того, чтобы можно было делать выводы о связях между переменными, большое значение имеет объем выборки: чем выборка больше, тем достовернее величина полученного коэффициента корреляции (Годфруа, 1992).

### ***Коэффициент Браве-Пирсона***

Для вычисления этого коэффициента применяют следующую формулу (у разных авторов она может выглядеть по-разному):

$$r = \frac{(\sum XY) - n\bar{X}\bar{Y}}{(n-1)s_x s_y},$$

где  $\sum XY$  – сумма произведений данных из каждой пары;  $n$  – число пар;  $\bar{X}$  – средняя для данных переменной  $X$ ;  $\bar{Y}$  – средняя для данных переменной  $Y$ ;  $s_x$  – стандартное отклонение для распределения  $x$ ;  $s_y$  – стандартное отклонение для распределения  $y$ .

### ***Коэффициент корреляции рангов Спирмена $r_s$***

Этот коэффициент рассчитывать проще, однако результаты получаются менее точными, чем при использовании  $r$ . Это связано с тем, что при вычислении коэффициента Спирмена используют порядок следования данных, а не их количественные характеристики и интервалы между клас-

сами.

Дело в том, что при использовании коэффициента корреляции рангов Спирмена ( $r_s$ ) проверяют только, будет ли ранжирование данных для какой-либо выборки таким же, как и в ряду других данных для этой выборки, попарно связанных с первыми (например, будут ли одинаково «ранжироваться» студенты при прохождении ими как психологии, так и математики, или даже при двух разных преподавателях психологии?). Если коэффициент близок  $r + 1$ , то это означает, что оба ряда практически совпадают, а если этот коэффициент близок  $r - 1$ , можно говорить о полной обратной зависимости.

Коэффициент  $r_s$  вычисляют по формуле:

$$r_s = 1 - \frac{6(\sum d^2)}{n^3 - n},$$

где  $d$  – разность между рангами сопряженных значений признаков (независимо от ее знака), а  $n$  – число пар.

Обычно этот непараметрический тест используется в тех случаях, если нужно сделать какие-то выводы не столько об интервалах между данными, сколько об их рангах, а также если кривые распределения слишком асимметричны и не позволяют использовать такие параметрические критерии, как коэффициент  $r$  (в этих случаях бывает необходимо превратить количественные данные в порядковые).

Поскольку именно так обстоит дело с распределением значений эффективности и времени реакции в экспериментальной группе после воздействия, можно повторить расчеты, которые были проделаны для этой группы, только теперь не для коэффициента  $r$ , а для показателя  $r_s$ . Это позволит посмотреть, насколько различаются эти два показателя (Годфруа, 1992).

## Оформление результатов исследования

Сообщение об эксперименте или его описание должно проводиться в строгой логической последовательности (Харитонов, 2004).

### *1. Название.*

В названии должна быть ясно сформулирована суть исследуемой проблемы. Например: «Эксперимент по изучению влияния рН на активность фермента». В названии необходимо развернуто сформулировать замысел, который конкретизируется при изложении гипотезы или цели.

### *2. Введение.*

Введение обосновывает необходимость выполнения данной работы. В нем полезно кратко описать состояние проблемы, которая выбрана для изучения, и объяснить актуальность темы. Сюда можно включить краткий обзор литературы по теме исследования. В нем отмечают нерешенные в этой области проблемы, вводят в курс работы. Сведения из литературных источников излагают своими словами. Если какая-либо фраза приводится полностью, то цитату необходимо взять в кавычки. Материалы должны обязательно содержать ссылки на использованные источники (указываются фамилия автора и год издания, либо в квадратных скобках указывается порядковый номер первоисточника в списке литературы).

### *3. Цель и задачи работы.*

Это изложение проблемы или постановка вопроса. Оно может включать перечисление исследуемых переменных и предсказание возможных результатов исследования. Например: «Изучить влияние растворов с рН от 2 до 10 на скорость переваривания белка альбумина ферментом пепсином и определить оптимум рН для этой реакции».

Задачи расширяют цель. Задачи могут начинаться со слов «Установить», «Выявить», «Выяснить», «Изучить».

Например, можно выделить следующие задачи в работе по изучению питания и поведения большого дятла на кузницах в зимнее время:

1. Установить типы устройства кузниц большого пестрого дятла в зависимости от месторасположения на стволе.

2. Выяснить закономерности поведения дятла при кормлении на кузнице.

3. Установить количество семян, поедаемых дятлом в течение одного часа и оставляемых в шишке.

### *4. Методика или процедура.*

Это перечень действий, выполняемых во время эксперимента. Он должен быть кратким, точным и приводиться в том же порядке, в котором установлены приборы и выполняются действия во время эксперимента. Обычно в этом разделе указывают, какими способами велись наблюдения; сколько их было проведено; какие проводились измерения; какие использо-

вались способы первичных данных. Методика и выбранные способы обработки должны быть описаны подробно. Это связано с тем, что существует много научных школ, каждая из которых пользуется методами исследования, отличающимися от используемых другими. По корректности представленных методов работы видно, насколько хорошо ее освоил исследователь.

Метод нужно описывать в прошедшем времени и не от первого лица, например, «...в описанном биотопе заложили (или была заложена) площадка 20×20м так, чтобы муравейник находился в пределах площадки». Определение, сравнение, вычисление, измерение, наблюдение, оценка – все эти термины относятся к методике.

Пользуясь этим описанием методики, другие исследователи должны быть в состоянии повторить эксперимент (Харитонов, 2004).

#### *5. Результаты и обсуждение.*

Они могут быть качественными или количественными и должны быть представлены как можно яснее в соответствующей форме или формах. Например, в виде словесного описания, таблиц с данными, графиков, гистограмм, карт, диаграмм распределения и т.д. Если при повторных измерениях одной переменной получено несколько числовых значений, то необходимо подсчитать и записать среднее значение этой переменной.

Сведение всех полученных данных в таблицы или представление их в графиках и диаграммах – самый наглядный и экономный способ обработки первичных данных, но сами по себе они – лишь материал для описаний и размышлений. Это и должно быть основным содержанием данной главы. Кроме того, в ней целесообразно обсудить полученные данные и провести их сравнение.

Таблицы, графики, рисунки и другие вспомогательные материалы, вставленные в основной текст работы, должны иметь номер и четкие названия. При анализе данных, включенных в таблицу, в тексте работы необходимо сделать ссылку на обсуждаемую таблицу (график и т.п.). Обычно принято это делать следующим образом: «Как видно из данных (именно из данных, а не из таблицы), представленных в таблице 1...».

Обсуждение должно быть кратким и проводиться в форме ответов на возможные сформулированные в гипотезе вопросы или же в форме подтверждения цели. Обсуждение не должно быть словесным повторением результатов. В нем нужно попытаться связать теоретические знания об исследуемых переменных с полученными результатами (Харитонов, 2004).

#### *6. Заключение и выводы.*

В этой главе приводятся краткие формулировки результатов работы, отвечающие на вопросы поставленных задач, в виде сжато изложенных пунктов. Здесь не должно быть объяснений полученных результатов или их содержания, т.е. не должно повторяться описание работы. Выводы должны быть именно выводами. Например, «На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Видовой состав птиц обследованной территории насчитывает 135 видов.

2. К редким видам относятся ... и т.д.

Если в работе нельзя четко сформулировать выводы, то рекомендуется вместо главы *Выводы* предусмотреть главу *Заключение*, где кратко изложить основные моменты, достигнутые в настоящем исследовании, рассмотреть спорные материалы и наметить задачи дальнейших исследований.

Заключение можно делать в том случае, если было получено убедительное подтверждение исходной идеи. Например, в качестве заключения на приведенную в п. 2 тему исследования можно привести следующее утверждение: «Между величиной рН и активностью фермента существует определенная зависимость, оптимальное значение рН равно х». Обсуждение результатов этого же эксперимента должно включать такие теоретические вопросы, как природа реакции и возможные химические и физические аспекты влияния рН на трехмерную структуру молекул фермента (Харитонов, 2004).

#### *7. Благодарности.*

Здесь уместно поблагодарить всех, кто помогал в работе, в подготовке к ней, в обработке результатов и т.д. (Благодарности можно также поместить в конце главы *Введение*).

#### *8. Литература.*

В этой главе необходимо перечислить все определители, методические разработки и рекомендации, статьи и монографии, а также литературные источники, на которые ссылались при обсуждении и сравнении результатов.

Список составляют согласно ГОСТу в алфавитном порядке по фамилиям авторов (или названиям сборников) и указывают: автора (-ов), название, город, издательство, год издания, количество страниц.

При использовании источников на иностранных языках их помещают после списка русских источников также по алфавиту.

#### *9. Приложения.*

Часто собранный в результате проведенных исследований материал бывает очень объемным. При его обработке делается много схем, таблиц, графиков, рисунков и т.п. Нет смысла помещать их все в текст работы, их лучше вынести в приложения. Сюда же можно поместить и некоторый первичный материал, например, описания пробных площадок или даны примеров и учетов, а также схемы и фотографии, выполненные в процессе работы. Но в любом случае на помещенный в приложении материал должны быть ссылки в основном тексте работы (Харитонов, 2004).

## Литература

Введение в философию: Учебник для вузов. В 2ч. Ч.2 / Фролов И.Т, Араб-Оглы Э.А, Арефьева Г.С. и др. – М.: Политиздат, 1990. – 639 с.

Гессен С.И. Основы педагогики. Введение в прикладную философию. – М.: «Школа-Пресс», 1995. – 448 с.

Годфруа Ж. Что такое психология: В 2х т. Т.2: Пер.с франц. – М.: Мир, 1992. – 376 с.

Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В 3х т. Т.1: Пер.с англ./ Под.ред.Р.Сопера. –М.: Мир, 1996. – 368 с.

Длусский Г.М., Букин А.П. Знакомьтесь: муравьи! – М.: Агропромиздат, 1986.

Комиссаров Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования. – М.: Просвещение, 1991. – 160 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия. – М: Высш. шк., 1990. – 352 с.

Пономарева И.Н., Соломин В.П., Сидельникова Г.Д. Общая методика обучения биологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 27 с.

Приходько П.Т. Азбука исследовательского труда. – Новосибирск: Наука, 1979. – 93 с.

Харитонов Н.П. Организация исследовательской деятельности учащихся// Биология в школе. 2006. №6. С.59-65.

## Приложения

### Приложение 1

#### Значения основных статистических критериев

Таблица 1

#### Значения критерия t Стьюдента

<b>n</b>	<b>0,05</b>
1	6,31
2	2,92
3	2,35
4	2,13
5	2,02
6	1,94
7	1,90
8	1,86
9	1,83
10	1,81
11	1,80
12	1,78
13	1,77
14	1,76
15	1,75
16	1,75
17	1,74
18	1,73
19	1,73
20	1,73
21	1,72
22	1,72
23	1,71
24	1,71
25	1,71
26	1,71
27	1,70
28	1,70
29	1,70
30	1,70
40	1,68
$\infty$	1,65

Таблица 2

Значения критерия  $\chi^2$ 

<b>n</b>	<b>0,05</b>
1	3,84
2	5,99
3	7,81
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,3

Таблица 3

Достоверные значения Z

<b>p</b>	<b>Z</b>
0,05	1,64
0,01	2,33

Таблица 4

Достоверные (критические) значения r

<b>n = (N-2)</b>	<b>p = 0,05 (5%)</b>
3	0,88
4	0,81
5	0,75
6	0,71
7	0,67
8	0,63
9	0,60
10	0,58
11	0,55
12	0,53
13	0,51
14	0,50
15	0,48
16	0,47
17	0,46
18	0,44
19	0,43
20	0,42

Таблица 5

Достоверные (критические) значения  $r_s$ 

<b>n = (N-2)</b>	<b>p = 0,05</b>
2	1,000
3	0,900
4	0,829
5	0,714
6	0,643
7	0,600
8	0,564
10	0,506
12	0,456
14	0,425
16	0,399
18	0,377
20	0,359
22	0,343
24	0,329
26	0,317
28	0,306

Примечания.

- 1) Для больших выборок или уровня значимости меньше 0,05 следует обратиться к таблицам в пособиях по статистике.
- 2) Таблицы значений других непараметрических критериев можно найти в специальных руководствах (например, Лакин, 1990).

**Словарь терминов по научно-исследовательской деятельности по биологии**

*Абстрактное* (от лат. «abstractio» – удаление, отвлечение) – неполное, неразвернутое *знание*. Оно, с одной стороны, упрощает *объект* (сводит к минимуму число связей и отношений, фиксирует одни стороны и признаки, отвлекаясь от других), с другой стороны, усложняет, проникает в его сущность (отражает и то, что недоступно непосредственному созерцанию).

*Абстракция* – процесс и результат формирования представлений, *понятий*, суждений, служащих основой теоретического *знания*. К числу абстракций относятся: *предмет абстрактный, объект идеальный, конструктор* и др.

*Анализ* – это расчленение целостного предмета на составляющие части (стороны, признаки, свойства, отношения) с целью их всестороннего изучения.

*Аналогия* – это такой прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках заключают об их сходстве и в других признаках. Умозаключения по аналогии, принимаемые предельно широко, как перенос информации об одних объектах на другие, составляют гносеологическую основу моделирования.

*Гипотеза* (от греч. «hypothesis» – основание, предположение) – проблематичное, недостоверное *знание*, выполняющее функции *закона* или *теории*; концептуальная *модель*, которая конструируется либо путем непосредственной схематизации опытных данных, либо преобразованием предметов *абстрактных*, ранее сформированных в системе теоретического *знания*. Эмпирически подтвержденная гипотеза становится *теорией* или *законом*.

*Дедукция* – это способ рассуждения, посредством которого из общих посылок с необходимостью следует заключение частного характера.

*Закон* – отраженная в системе теоретического *знания* существенная, устойчивая связь между *явлениями*.

*Знание* – результат духовной деятельности, научного производства; отражение объективной действительности в мышлении человека в теоретически схематизированной и общезначимой форме.

*Идея* (от греч. «idea» – вид, образ) – высшая ступень познания, отражающая сущность объекта и способы практической реализации информации о нем, намечающая путь движения познания к новым результатам; единство *знания* и действия.

*Индукция* – это метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок.

*Конкретное* (от лат. «concretio» – густой, твердый, сросшийся): а) множество предметов со всем многообразием признаков, свойств, связей и отношений; б) многостороннее, сложное, развернутое целостное *знание*, совокупность *абстракций, понятий, теорий*, воспроизводящих в познании *сущность объекта*. В процессе познания конкретное, с одной стороны, исходный пункт созерцания и представления, с другой стороны, результат теоретического познания.

*Концепция* (от лат. «conception» – понимание) – основополагающая *идея*, точка зрения на какое-либо *явление*, конструктивный *принцип* его осуществления.

*Метод* (от греч. «methodos» – путь, способ познания, исследования) – способ практического и теоретического действия, направленного на овладение *объектом*. Всеобщий *метод* познания – материалистическая диалектика – организует познание в единстве с общенаучными и специальными методами. Методом познания становится и *теория*, применяемая за пределами своей предметной области.

*Методология* – система принципов и способов организации какой-либо деятельности (учебной, научной и др.), а также учение об этой системе.

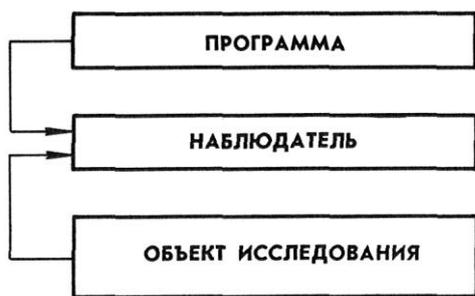
*Мировоззрение* – система взглядов на объективный мир и место человека в нем, на отношение человека к себе, природе и обществу, а также обусловленные этими взглядами убеждения, идеалы, *принципы* познания, ценностные ориентации, направления деятельности.

*Модель* (от лат. «modulu» – мера, образец) – форма и средство познания, любая *система* (воображаемая или реально существующая), отражающая оригинал, заменяющая его и дающая информацию о нем. Модель может быть создана путем устранения из объекта тех свойств, которые кажутся несущественными, или добавления тех качеств, которых нет на самом деле. К идеальным моделям относятся *теоретические понятия* и образы. Программа моделирования постоянно корректируется в ходе исследования. Модель соотносится с объектом и непрерывно видоизменяется.

*Моделирование* – это изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (модели), замещающей оригинал с определенных сторон, интересующих познание.

Использование моделирования диктуется необходимостью раскрыть такие стороны объектов, которые либо невозможно постигнуть путем непосредственного изучения, либо невыгодно изучать их таким образом из чисто экономических соображений.

*Наблюдение* – преднамеренное, целенаправленное восприятие *объек-*



*тов и процессов*; деятельность, управляемая программой, построенной на основе предположения о характере искомых правил или закономерностей. Наблюдение включает цель, средства и результаты. Цель – выделение и фиксирование объекта, осознание его существенных свойств. Наблюдаемые явления должны стать *фактами*, соотносимыми с концептуальными системами. Выбор *объектов* определяется *гипотезой*, для подтверждения которой планируется и проводится наблюдение. Наблюдение схематизирует действительность. С его помощью результаты чувственного опыта вводятся в сферу мышления.

*Наука* – сфера человеческой деятельности, духовное производство, направленное на выработку и систематизацию объективных *знаний* о действительности, одна из форм общественного сознания, феномен культуры. Признаки науки: *объект и предмет исследований, методы*, научный язык, *теории, законы, понятия*, сообщества ученых, институты исследовательские и учебные, литература и др. Современная наука – совокупность *дисциплин*.

*Объект исследования* – изучаемый фрагмент реальности (в эмпирическом исследовании) или *абстракция* (в теоретическом исследовании).

*Объяснение* – совокупность приемов, помогающих построить достоверные суждения о каком-либо неясном *процессе* или *явлении*: сравнение, описание, аналогия, указание на причины, принадлежность к какой-либо *системе*, реконструкция истории, происхождения, построение *модели* и др. В биологии применяют объяснения причинные, системные (функциональные), исторические. Первые устанавливают причины явления, вторые – его место в системе, третьи – воссоздают его историю.

*Обобщение* – это такой прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов.

*Описание* – воспроизведение характеристик объекта для воссоздания в сознании других людей его образа; относительно самостоятельный этап исследования – фиксация результатов *наблюдений* и *экспериментов*.

*Организация* (от лат. «organizo» – сообщаю стройный вид, устраиваю) – обусловленная структурой внутренняя упорядоченность, согласованность частей *системы*, а также совокупность *процессов*, ведущих к возникновению и совершенствованию связей между частями; единство структурных и динамических характеристик, обеспечивающих функционирование системы в целом и ее элементов, в частности.

*Практика* (от греч. «praktikos» – деятельный, активный) – все виды и формы человеческой деятельности, результат которых – преобразование природы и общества; основа познания, критерий истины. Структура практики включает потребность, цель, мотив, саму целесообразную деятельность, предмет, средства и результат.

*Понятие эмпирическое (представление)* – знание о непосредственно наблюдаемых в опыте свойствах действительности, получаемое в резуль-

тате анализа, синтеза, классификации данных *наблюдений* и *экспериментов*.

*Понятие теоретическое* – конкретное знание, отражающее существенные признаки *процессов* или *явлений*, совокупность *абстрактных* определений, фрагмент *теории*, отражающий ее целостную структуру.

*Предмет исследования* – структурная или функциональная *модель* объекта познания, совокупность *законов*, которым он подчиняется.

*Принцип* (от лат. «*principium*») – основа, первоначало) – основополагающее первоначало, исходный пункт, предпосылка *концепции* или *теории*; взгляд на мир как предмет теории, предопределяющий ее содержание. Вокруг принципа синтезируются все понятия, суждения, *законы*, раскрывая, обосновывая и развивая его.

*Проблема* (от греч. «*problema*») – задача) – знание о незнании; органи-



зующая основа познания, упорядоченная совокупность вопросов, фиксирующих диспропорции и разрывы на уровнях *методологии*,

*научной картины мира, теории, практики*. В ходе постановки и решения проблемы вопросы заменяются ответами.

*Процесс* (от лат. «*processus*») – продвижение) – последовательная смена *явлений* или состояний в движении, изменении, развитии каких-либо объектов.

*Синтез* – соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое.

*Система* (от греч. «*systema*») – составленное из частей, соединенное) – совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой, образующих целостное единство. Системы могут быть материальными (например, биологические системы) и идеальными (например, *теория*).

*Теория* (от греч. «*theoria*») – рассмотрение, исследование) – основная форма научного знания, знаковая *модель*, дающая систематизированное отражение сущности *явлений*; феномен *культуры*. Теория включает эмпирические предпосылки (*факты, эмпирические обобщения*), основания (*понятия и законы*), следствия. Она связана с *культурой* через *научную картину мира, философию, стиль мышления*. Отражаясь в картине мира, теория наполняется образным содержанием. Функции теории: систематизирующая, объяснительная, описательная, предсказательная, практическая, методологическая, мировоззренческая.

*Факт* – единичное или особенное эмпирическое знание о свойствах, связях объектов или *явлений*; получается на основе индукции, в результате

обработки материалов *наблюдений* или *экспериментов*. Факт не может считаться элементом научного знания, если он не соотнесен с *концепцией*, *теорией* или *законом*, которые подтверждает или опровергает.

*Эксперимент* (от лат. «experimentum») – проба, опыт, доказательство) – целенаправленное изучение *явлений* в точно установленных условиях, позволяющее воспроизводить и наблюдать эти *явления*. Тщательно поставленный эксперимент что-то доказывает в *теории* и развивает ее. Эксперимент проводится по детально разработанной программе и включает циклы прямых и обратных связей «экспериментатор – объект».

*Явление* – философская категория, обозначающая внешние свойства и признаки предметов, постигаемые в эмпирическом, чувственном познании.

*Учебное издание*

**Руководство по проведению научных исследований  
в области биологии для студентов и аспирантов**

Составители:

Ли́ра Альбертовна Гайсина,  
Альфия Ильсуровна Фазлутдинова,  
Юнир Зульфатович Габидуллин

Редактор Т.В.Подкопаева

Технический редактор И.В. Пономарев

Лиц. на издат. деят. Б848421 от 03.11.2000 г. Подписано в печать 21.12.2008.

Формат 60X84/16. Компьютерный набор. Гарнитура Times.

Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. – 4,5. Уч.-изд. л. – 4,3.

Тираж 100 экз. Заказ №

ИПК БГПУ 450000, г.Уфа, ул. Октябрьской революции, 3а