

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Саратовский государственный аграрный университет имени**  
**Н. И. Вавилова»**

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В**  
**АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ И ОЗЕЛЕНЕНИИ**  
**НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

**Краткий курс лекций**  
**для аспирантов**  
Направление подготовки  
**35.06.02 Лесное хозяйство**  
Профиль подготовки  
**Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение**  
**населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними**

**Саратов 2014**

УДК 001.891 (075.8)  
ББК 4.43  
Г 676

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Лесное хозяйство и лесомелиорация» *В.В. Цыплаков*  
Доктор технических наук, доцент кафедры «Лесное хозяйство и лесомелиорация»  
*Фокин С.В.*

**Методы исследований в агролесомелиорации и озеленении населенных пунктов:** краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки **35.06.02 Лесное хозяйство**  
/ Сост.: Д.А. Маштаков, В.Н. Филатов // ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 55 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в агролесомелиорации и озеленении населенных пунктов» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 35.06.02 «Лесное хозяйство». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по методам исследований в агролесомелиорации и озеленении населенных пунктов. Направлен на формирование у аспирантов знаний методики планирования эксперимента в производственных условиях, способов обработки экспериментальной информации и способов построения адекватной математической модели

УДК 001.891 (075.8)  
ББК 4.43  
Г 676

© Маштаков Д.А.,  
Филатов В.Н, 2014 © ФГОУ ВПО  
«Саратовский ГАУ», 2014

## Лекция №1

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О НАУЧНОМ ИССЛЕДОВАНИИ

### 1.1 Дедуктивное и индуктивное мышление. Исследование, научный метод, и эксперимент

Знание - идеальное воспроизведение в языковой форме обобщенных представлений о закономерных связях объективного мира.

Функциями знания являются обобщение разрозненных представлений о закономерностях природы, общества и мышления; хранение в обобщенных представлениях всего того, что может быть передано в качестве устойчивой основы практических действий.

Знание является продуктом общественной деятельности людей, направленной на преобразование действительности. Процесс движения человеческой мысли от незнания к знанию называют познанием, в основе которого лежит отражение объективной действительности в сознании человека в процессе его общественной, производственной и научной деятельности, именуемой практикой. Потребности практики выступают основной и движущей силой развития познания, его целью. Человек познает законы природы, чтобы овладеть силами природы и поставить их себе на службу; он познает законы общества, чтобы в соответствии с ними воздействовать на ход исторических событий.

Познание вырастает из практики, но затем само направляется на практическое овладение действительностью. От практики к теории и от теории к практике, от действия к мысли и от мысли к действительности - такова общая закономерность отношений человека в окружающей действительности. Практика является началом, исходным пунктом и одновременно естественным завершением всякого процесса познания. Следует отметить, что завершение познания всегда относительно, так как в процессе познания, как правило, возникают новые проблемы и новые задачи, которые были подготовлены и поставлены предшествующим развитием научной мысли. Решая эти задачи и проблемы, наука должна опережать практику и таким образом сознательно направлять ее развитие.

Вся наука, все человеческое познание направлены к достижению истинных знаний, верно отражающих действительность. Только истинное научное знание служит человеку

могучим орудием преобразования действительности, позволяет прогнозировать ее дальнейшее развитие.

В противоположность истинному знанию заблуждение представляет собой неверное, иллюзорное отражение мира.

Истинные знания существуют в виде законов науки, теоретических положений и выводов, учений, подтвержденных практикой и существующих объективно, независимо от трудов и открытий ученых. Поэтому истинное научное знание объективно. Вместе с тем научное знание может быть относительным и абсолютным.

Относительное знание - знание, которое, будучи в основном верным отражением действительности, отличается некоторой неполнотой совпадения образа с объектом.

Абсолютное знание - это полное, исчерпывающее воспроизведение обобщенных представлений об объекте, обеспечивающее абсолютное совпадение образа с объектом. Абсолютное знание не может быть опровергнуто или изменено в будущем.

Чувственное познание формирует эмпирическое (опытное) знание, а рациональное - теоретическое. Чувственное познание обеспечивает непосредственную связь человека с окружающей действительностью.

Элементами, восприятие, чувственного познания являются: ощущение, представление и воображение.

Ощущение - это отражения мозгом человека свойств предметов или явлений объективного мира, которые действуют на его органы чувств.

Восприятие - отражения мозгом человека предметов или явлений в целом, причем таких, которые действуют на органы чувств в данный момент времени. Восприятие - это первичный чувственный образ предмета или явления.

Представление - вторичный образ предмета или явлений, которые в данный момент времени не действуют на органы чувств человека, но обязательно действовали в прошлом. Представления - это образы, которые восстанавливаются по сохранившимся в мозге следам прошлых воздействий предметов или явлений.

Воображение - это соединение и преобразование различных представлений в целую картину новых образов.

Рациональное познание дополняет и опережает чувственное, способствует осознанию сущности процессов, вскрывает закономерности развития. Формой рационального познания является абстрактное мышление.

Мышление - это опосредованное и обобщенное отражение в мозгу человека существенных свойств, причинных отношений и закономерных связей между объектами или явлениями. Опосредованный характер мышления заключается в том, что человек через доступные органам чувств свойства, связи и отношения предметов проникает в скрытые свойства, связи, отношения; человек познает действительность не только в результате своего личного опыта, но и косвенным путем, усваивая в процессе общения с другими людьми. Мышление неразрывно связано с языком и не может осуществляться вне его. Действительно, основной инструмент мышления - логические рассуждения, структурными элементами которых (и формами логического отражения действительности) являются понятия, суждения, умозаключения.

Понятие - это мысль, отражающая существенные и необходимые признаки предмета или явления. Понятия могут быть общими, единичными, собирательными, абстрактными и конкретными, абсолютными и относительными.

Общие понятия связаны не с одним, а с множеством предметов.

Единичные понятия относятся всегда только к одному определенному предмету.

Под собирательными подразумеваются понятия, обозначающие целые группы однородных предметов, представляющих собой известное единство, законченную совокупность (лес, транспортный поток и т.п.).

Для описания процесса формирования новых сложных понятий из более простых используется способ вывода сложных соотношений из элементарных. Формализация процесса часто осуществляется на языке теории множеств.

Раскрытие содержания понятия называют его определением. Последнее должно отвечать двум важнейшим признакам: 1) определение должно указывать на ближайшее родовое понятие; 2) определение должно указывать на то, чем данное понятие отличается от других понятий. Так, определяя понятие «квадрат», нужно указать на то, что квадрат относится к роду прямоугольников и выделяется среди прямоугольников признаком равенства своих сторон. Определение понятия не должно быть слишком широким, или слишком узким, т.е. соразмерным и не должно определяться самим собой, т.е. определение понятия не должно делать круга.

Суждение - это мысль, в которой посредством связи понятии утверждается или отрицается что-либо. В речи суждение выражается в виде предложения. Суждение - это сопоставление понятий, устанавливающих объективную связь между мыслимыми предметами и их признаками или между предметом и классом предметов.

К суждению о предмете или явлении человек может прийти путем непосредственного наблюдения какого-либо факта, или опосредованным путем - с помощью умозаключения.

Умозаключение - процесс мышления, составляющий последовательность двух или нескольких суждений, в результате которых выводится новое суждение. Часто умозаключение называют выводом, через который становится возможным переход от мышления к действию, практике. Вместе с тем следует подчеркнуть, что не всякая последовательность суждений может быть названа умозаключением или выводом. В умозаключении связь двух суждений иногда обнаруживает подчинение, в силу которого одно (основание) обуславливает другое (следствие).

Умозаключения делятся на две категории - дедуктивные и индуктивные.

Дедуктивные умозаключения представляют собой выведение частного случая из какого-нибудь общего положения.

Индуктивных умозаключениях на основании частных случаев приходят к общему положению. процессе научного исследования можно отметить следующие этапы. возникновение идей; формирование понятия, суждений; выдвижение гипотез; обобщение научных фактов; доказательство правильности гипотез и суждений.

*Научная идея* - интуитивное объяснение явления без промежуточной аргументации, без осознания всей совокупности связей, на основании которой делается вывод. Она базируется на уже имеющемся знании, но вскрывает ранее не замеченные закономерности. Свою специфическую материализацию идея находит в гипотезе.

Гипотеза - это предположение о причине, которая вызывает данное следствие. Если гипотеза согласуется с наблюдаемыми фактами, то в науке ее называют *теорией* или *законом*. В процессе познания каждая гипотеза подвергается проверке, в результате которой устанавливается, что следствия, вытекающие из гипотезы, действительно совпадают с наблюдаемыми явлениями, что данная гипотеза не противоречит никаким другим гипотезам, которые считаются уже доказанными. Следует, однако, подчеркнуть, что для подтверждения правильности гипотезы необходимо убедиться не только в том, что она не противоречит действительности, но и в том, что она является единственно возможной и с ее помощью вся совокупность наблюдаемых явлений находит себе вполне достаточное объяснение.

С накоплением новых фактов одна гипотеза может быть заменена другой лишь в том случае, если эти новые факты не могут быть объяснены старой гипотезой или ей противоречат. При этом часто старая гипотеза не отбрасывается целиком, а только исправляется и уточняется. По мере уточнения и исправления гипотеза превращается в закон.

Закон - внутренняя существенная связь явлений, обуславливающая их необходимое закономерное развитие. Закон выражает определенную устойчивую связь между явлениями или свойствами материальных объектов.

Парадоксальность является характерной чертой современного научного познания мира. Наличие парадоксов становится свидетельством несостоятельности существующих теорий, требованием дальнейшего их совершенствования.

*Парадокс в широком смысле* - это утверждение, резко расходящееся с общепринятым, установившимся мнением, отрицание того, что представляется «безусловно правильным».

*Парадокс в узком смысле* - это два противоположных утверждения, для каждого из которых имеются убедительные аргументы.

Как уже отмечалось, в результате проработки и сопоставления с действительностью научная гипотеза может стать теорией.

Теория (от лат. theoreo - рассматриваю) - система обобщенного знания, объяснения тех или иных сторон действительности. Теория является духовным, мысленным отражением и воспроизведением реальной действительности. Она возникает в результате обобщения познавательной деятельности и практики. Это обобщенный опыт в сознании людей.

Структуру теории формируют принципы, аксиомы, законы, суждения, положения, понятия, категории и факты.

## **1.2 Методы теоретических и эмпирических исследований**

Метод - это способ достижения цели. Диалектический материализм учит, что метод объединяет субъективные и объективные моменты познания. Метод объективен, так как в разрабатываемой теории позволяет отражать действительность и ее взаимосвязи. Таким образом, метод является программой построения и практического применения теории. Одновременно метод субъективен, так как является орудием мышления исследователя и в качестве такового включает в себя его субъективные особенности. С философской точки зрения методы можно разделить на: всеобщий (материалистическая диалектика), действующий во всех областях науки и на всех этапах исследования; общенаучные (т.е. для всех наук); частные (т.е. для определенных наук); специальные или специфические (для конкретной науки). Такое разделение

методов всегда условно, так как по мере развития познания один научный метод может переходить из одной категории в другую.

К *общенаучным методам* относятся: наблюдение, сравнение, счет, измерение, эксперимент, обобщение, абстрагирование, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия, моделирование, идеализация, ранжирование, а также аксиоматический,

---

гипотетический, исторический и системные методы.

Наблюдение - это способ познания объективного мира, основанный на непосредственном восприятии предметов и явлений при помощи органов чувств без вмешательства в процесс со стороны исследователя.

Сравнение - это установление различия между объектами материального мира или нахождение в них общего, осуществляемое как при помощи органов чувств, так и при помощи специальных устройств.

Счет - это нахождение числа, определяющего количественное соотношение однотипных объектов или их параметров, характеризующих те или иные свойства.

Измерение - это физический процесс определения численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном.

Эксперимент - одна из сфер человеческой практики, в которой подвергается проверке истинность выдвигаемых гипотез или выявляются закономерности объективного мира. В процессе эксперимента исследователь вмешивается в изучаемый процесс с целью познания, при этом одни условия опыта изолируются, другие исключаются, третьи усиливаются или ослабляются. Экспериментальное изучение объекта или явления имеет определенные преимущества по сравнению с наблюдением, так как позволяет изучать явления в «чистом виде» при помощи устранения побочных факторов; при необходимости испытания могут повторяться и организовываться так, чтобы исследовать отдельные свойства объекта, а не их совокупность.

Обобщение - определение общего понятия, в котором находит отражение главное, основное, характеризующее объекты данного класса. Это средство для образования новых научных понятий, формулирования законов и теорий.

Абстрагирование - это мысленное отвлечение от несущественных свойств, связей, отношений предметов и выделение нескольких сторон, интересующих исследователя. Оно, как правило, осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются несущественные свойства, связи и т.д. На втором - исследуемый объект заменяют другим, более простым, представляющим собой упрощенную модель, сохраняющую главное в сложном.

Формализация - отображение объекта или явления в знаковой форме какого-либо искусственного языка (математики, химии и т.д.) и обеспечение возможности исследования реальных объектов и их свойств через формальное исследование соответствующих знаков.

Аксиоматический метод - способ построения научной теории, при котором некоторые утверждения (аксиомы) принимаются без доказательств и затем используются для получения остальных знаний по определенным логическим правилам. Общеизвестной, например, является аксиома о параллельных линиях (не пересекаются), которая принята в геометрии без доказательств.

Анализ - метод познания при помощи расчленения или разложения предметов исследования (объектов, свойств и т.д.) на составные части. В связи с этим анализ составляет основу аналитического метода исследований.

Синтез - соединение отдельных сторон предмета в единое целое. Анализ и синтез взаимосвязаны, они представляют собой единство противоположностей. Различают следующие виды анализа и синтеза: прямой или эмпирический метод (используют для выделения отдельных частей объекта, обнаружения его свойств, простейших измерений и

---

т.п.); возвратный или элементарно-теоретический метод (базирующийся на представлениях о причинно-следственных связях различных явлений); структурно-генетический метод (включающий вычленение в сложном явлении таких элементов, которые оказывают решающее влияние на все остальные стороны объекта).

Важными понятиями в теории познания являются: индукция - умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению) и дедукция - умозаключение, в котором вывод о некотором элементе множества делается на основании знания общих свойств всего множества. Таким образом, дедукция и индукция - взаимобратные методы познания, широко использующие частные методы формальной логики.

Одним из методов научного познания является аналогия, посредством которой достигается знание о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими. Степень вероятности (достоверности) умозаключений по аналогии зависит от количества сходных признаков у сравниваемых явлений (чем их больше, тем большую вероятность имеет заключение и оно повышается, когда связь выводного признака с каким-либо другим признаком известна более или менее точно). Аналогия тесно связана с моделированием или модельным экспериментом. Если обычный эксперимент непосредственно взаимодействует с объектом исследования, то в моделировании такого взаимодействия нет, так как эксперимент производится не с самим объектом, а с его заменителем.

При изучении сложных, взаимосвязанных друг с другом проблем используется системный анализ, получивший широкое применение в различных сферах научной деятельности человека, и в частности в логике, математике, общей теории систем, в результате чего сформировались такие науки, как металогика и метаматематика. Металогика исследует системы положений и понятий формальной логики, разрабатывает вопросы теории доказательств, определмости понятий, истины в формализованных языках. Метаматематика занимается изучением различных свойств формальных систем и исчислений.

В основе *системного анализа* лежит понятие системы, под которой понимается множество объектов (компонентов), обладающих заранее определенными свойствами с фиксированными между ними отношениями. На базе этого понятия производится учет связей, используются количественные сравнения всех альтернатив для того, чтобы сознательно выбрать наилучшее решение, оцениваемое каким-либо критерием, например измеримостью, эффективностью, надежностью и т.п.

Системный анализ используется для исследования таких сложных систем, как экономика отдельной отрасли, промышленного предприятия, объединения, при планировании и организации технологии комплексных строительных процессов, выполняемых несколькими строительными организациями, и др. Системный анализ складывается из основных четырех этапов: первый заключается в постановке задачи -

определяют объект, цели и задачи исследования, а также критерии для изучения и управления объектом. Неправильная или неполная постановка целей может свести на нет результаты всего последующего анализа. Во время второго этапа очерчиваются границы изучаемой системы, и определяется ее структура: объекты и процессы, имеющие отношение к поставленной цели, разбиваются на собственно изучаемую систему и внешнюю среду. Третий, важнейший этап системного анализа заключается в составлении математической модели исследуемой системы. Вначале производят параметризацию системы, описывают выделенные

элементы системы и их взаимодействие» В зависимости от особенностей процессов используют тот или иной математический аппарат для анализа системы в целом. Важным этапом системного анализа является четвертый. Это анализ полученной математической модели, определение ее экстремальных условий с целью оптимизации и формулирования выводов.

Оптимизация заключается в нахождении оптимума рассматриваемой функции (математической модели исследуемой системы, процесса) и соответственно нахождения оптимальных условий поведения данной системы или протекания данного процесса. Оценку оптимизации производят по критериям, принимающим в таких случаях экстремальные значения (выражающие, например, максимальный съем продукции с единицы объема аппарата, минимальную стоимость продукции при определенной производительности, минимальный расход топлива и т.д.). На практике выбрать надлежащий критерий достаточно сложно, так как в задачах оптимизации может выявляться необходимость во многих критериях, которые иногда оказываются взаимно противоречивыми. Поэтому наиболее часто выбирают какой-либо один основной критерий, а для других устанавливают пороговые предельно допустимые значения. На основании выбора составляется зависимость критерия оптимизации от параметров модели исследуемого объекта (процесса). Такой результат исследования чрезвычайно важен для практических целей, дает определенную последующую опытно-конструкторскую проработку задачи.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое относительное знание?
2. Что такое абсолютное знание?
3. Какие элементы чувственного познания Вы знаете?
4. Что такое рациональное познание?
5. Какие Вы знаете виды понятий?
6. Дайте определение понятиям суждения и умозаключения.
7. Что такое научная идея?
8. Этапы возникновения идеи в процессе научного исследования.
9. Что такое гипотеза и закон?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### ***а) Основная литература***

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

#### ***б) Дополнительная литература.***

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.-351с.

2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

**в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 2

### ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 2.1. Выбор темы научного исследования

При выборе темы исследования первостепенное значение имеет ее актуальность. Актуальность оценивается теоретическим и практическим значением. Успешность выполнения темы также во многом зависит от ее актуальности. При выборе актуальной темы повышается работоспособность исследователя и его психологический настрой; Однако следует всегда помнить, что далее узкоспециальная тема при углублённой разработке может быть доведена до уровня большого исследования. Среди ученых бытует афоризм, что нет плохих тем, а есть неудачное их выполнение.

Начинающему исследователю целесообразно брать более узкую тему и разрабатывать ее глубоко и всесторонне. Тему исследования выбирает ее исполнитель. При этом он вправе обратиться за консультацией к видным ученым в данной отрасли знания, которые могут оказать большую помощь.

До написания научной статьи, ведомственного научного отчета, диссертации, доклада на конференции исследователю необходимо определить объем: исследования, насыщенность текста фактическим материалом и иллюстрациями.

Нередко возникает вопрос о допустимости идентичной темы, уже выполняемой другим научным учреждением. На данный вопрос правильно отвечает Б. Патон: "Во всех, случаях может и должен допускаться параллелизм в работе, поскольку часто лишь параллельная разработка одной и той же задачи позволяет решить ее в кратчайшие сроки. Дело в том, что всегда есть несколько путей решения научной задачи; какой из них окажется эффективнее, определить сразу трудно".

При выборе темы научного исследования могут помочь следующие советы:

1. Исследование на стыках наук. На стыках наук, часто выявляются очень важные открытия. В пограничных областях знаний возникли такие новые науки: биохимия, химическая физика, инженерная психология, космическая медицина и др.

2. Разработка новых методов исследования. Нередко уже известные методы успешно реализуются в новой области науки, например: применение выборочных методов исследования при лесоинвентаризации крупных регионов с использованием материалов аэрофотосъемки, применение математических методов при решении биологических вопросов и т.д.

3. Пересмотр старых научных положений с новых теоретических; позиций при помощи новых методов и новейшей техники.

4. Разработка поисковых вопросов. Исследование вопросов в поисковом плане очень важно для лесного хозяйства. Изучение малоизученных проблем в поисковом плане не всегда гарантирует положительный результат. Это сдерживает многих исследователей и отталкивает от выбора подобной тематики.



5. Всесторонний анализ и обобщение материалов многолетних экспедиционных исследований, например использование материалов лесоустроительных экспедиций при анализе методов расчета лесопользования.

6. Изучение природы и закономерностей формирования растительности неизученных регионов, имеющих большое народнохозяйственное значение, например изучение природы лесов Крайнего Севера в зоне освоения недр земли.

7. Решение частных задач в процессе практической работы, вытекающих из особенностей хозяйства или возникающих в связи с какими-либо обстоятельствами.

## **2.2 Обоснование целей и задач исследования**

После выбора темы исследования определяют цель работы. Цель всякой работы это заранее намеченный результат деятельности человека, заключающийся в приобретении новых знаний об исследуемом объекте или установлении характера явления в целом.

Исследователь должен знать чего добивается, и на какие вопросы он должен дать ответ. Четкая постановка цели позволяет сокращать объем эксперимента, помогает отсеивать вопросы, которые не относятся к данной, работе.

Цель и общее направление работы определяются главной идеей исследования, которая красной нитью проходит через весь эксперимент, от проведения опытов до оформления конечных результатов.

## **2.3 Понятие о патентном поиске**

Состояние вопроса изучается по литературным источникам (книги, научные статьи, брошюры, рефераты и др.). Для этой цели можно использовать научные отчеты и диссертации. Они хранятся в библиотеках научных учреждений, где выполнялись и защищались эти работы. Найти нужные научные публикации нелегко, так как поток публикуемых работ очень большой. В мире ежегодно публикуется по естественным и техническим наукам около 10 млн. статей. Современный исследователь, отыскивающий необходимую литературу, находится в положении золотоискателя, которому надо найти крупинки золота в массе песка. Несмотря на трудности поиска необходимой информации, знание библиографических источников является одной из важных предпосылок самостоятельной научной работы.

Найдя нужный источник, сначала его бегло просматривают, а затем изучают более детально. Записи по каждому источнику удобно делать на специальных карточках. Выписки из научных работ могут быть полными (цитаты) и сокращенными, когда кратко излагается существо вопроса. Но в любом случае необходимо указать фамилию и инициалы автора (авторов), название работы, место издания, издательство, год издания и общее количество страниц. Если приводится статья из сборника или журнала, то сначала указывают фамилию и инициалы автора, название статьи, а затем название и номер сборника или журнала, страницы на которых помещена статья.

При изучении состояния вопроса надо прежде всего установить, возможно ли на данном этапе развития науки и техники разрешить поставленный вопрос, в каких условиях, на каком уровне и каковы конечные результаты. Используя ранее полученные материалы, необходимо обосновать целесообразность и общее направление исследования.

Последним этапом изучения состояния вопроса является изыскание пути реализации поставленной проблемы.

Проработка литературных источников должна показать степень изученности данного вопроса. Экспериментальное исследование должно проводиться по специальной методике.

## 2.4 Составление программы исследований

Методика эксперимента включает программные вопросы и непосредственный сбор опытных материалов.

В программе исследований устанавливаются:

1. Объект, который подлежит исследованию. Например, при изучении роста лесных культур в зависимости от способа их создания (посев, посадка) необходимо установить заранее место проведения работ (лесхоз, лесничество, квартал), древесную породу, лесорастительные условия, способ подготовки почвы, возраст культур и т.д.

2. Единица наблюдения. Единицами наблюдения могут быть дерево, насаждение, площадка леса и другие (в зависимости от объекта и задачи исследования), единицами совокупности - дерево в насаждении, пробная площадь в лесном массиве и т.д. Единица наблюдения и единица совокупности могут совпадать, но могут и отличаться по своим размерам.

3. Признаки, подлежащие учету, взвешиванию, счету. Нельзя охватить все признаки, надо ограничиться признаками, которые оказывают наиболее существенное влияние на изучаемое явление.

Признаки, отмечаемые при научных исследованиях тех или иных объектов, можно подразделить на: общие и основные.

Общие признаки служат для обеспечения однородности единиц изучаемой совокупности. Например, при изучении роста лесных культур в зависимости от способа их создания для обеспечения однородности надо производить наблюдения в культурах одной породы, созданных семенами одного и того же происхождения, на площадях с одинаковыми почвенными условиями и т.д. Чем большим числом общих признаков будут обладать изучаемые совокупности, тем однороднее они будут.

Основные признаки устанавливаются в зависимости от предмета и цели исследования. При научных исследованиях часто бывает достаточно остановиться одновременно на немногих основных признаках, наиболее существенных для решения поставленной задачи. Например, для решения вопроса об успешности роста, искусственных насаждений в зависимости от способа их создания основными признаками, подлежащими измерению, могут быть: толщина, высота, форма древесных стволов, величина годичного прироста и запас

древесины на 1 га,

4. Форма записи. Данные обмера взвешивания, учета и другие записываются в виде списка или на отдельные карточки.

При списочной форме записи в ведомость заносятся данные обмера каждой единицы в порядке обследования.

При карточной форме записи все данные о каждой единице заносятся на отдельную карточку или бланк. Карточная система записи значительно облегчает камеральную обработку, при сводке и группировке материала по разным признакам. Особенно эта форма записи удобна при обработке экспериментальных материалов на ЭВМ.

Разрабатывается частная методика, проведения опытов. Здесь уточняются единицы наблюдения. Если единица наблюдения сложная, то определяются ее размеры и форма (ленты, пробные площадки, пробы). Устанавливается необходимое число единиц наблюдения.

Число единиц определяется на основе изменчивости и заданной точности определения среднего значения изучаемого признака.

В частной методике устанавливается: способ отбора единиц из общей совокупности, точность измерения, оформление объектов исследования в натуре, сроки проведения экспериментальных исследований.

Сбор опытных материалов производится по заранее разработанной методике. Нельзя допускать неточностей и тем более ошибок в полевой методике, так как они не могут быть исправлены никакой камеральной обработкой.

Существуют два основных способа наблюдения по охвату единиц изучаемого объекта: сплошное обследование всех единиц изучаемой совокупности и частичное (выборочное) обследование. В лесохозяйственной практике чаще применяется выборочное обследование в целях изучения объекта в целом.

Частичное (выборочное) изучение производится методом случайного отбора, при котором каждая единица изучаемого объекта обладает одинаковой с другими возможностью попасть в выборку. Этим обеспечивается полная объективность наблюдения.

При работе в лесу случайность (объективность) отбора осуществляется путем применения, так называемого механического отбора по принципу бесповторной выборки, когда любая единица совокупности может попасть в выборку только один раз. Способы механического отбора, применяемые в лесном хозяйстве, рассмотрим ниже.

Способ полосок. Поперек обследуемой площади через одинаковое расстояние закладываются ленты одной и той же ширины. Ширина ленты берется в зависимости от объекта исследования и его площади, например: 1; 2; 4; 10 м и т. д. На полосе производится сплошное обследование единиц. Площадь всех полосок выражается в процентах от площади обследования.

Процент выборки принимается в зависимости от величины обследуемой площади и степени колебаний изучаемого признака. Чем больше обследуемая площадь, тем меньше должен быть процент выборки. Чем больше изменчивость изучаемого признака, тем больше берут выборку.

В практике лесного хозяйства обследуемая площадь составляет около 10%, если не известны показатели, определяющие долю выборки. Число лент обычно берется не менее 10 шт. Каждая лента закладывается на одинаковом расстоянии друг от друга, вдоль или поперек

обследуемой площади.

Необходимо помнить, что уменьшение числа лент при одинаковой площади выборки будет сопровождаться понижением точности вывода. При обследовании приживаемости лесных культур лентами могут использоваться ряды культур (один два или больше). Число отобранных рядов лесных культур в лентах, выраженное в процентах от всего числа рядов на обследуемой площади, представляет собой, процент выборки.

При обследовании лесных культур обычно принимают процент выборки в зависимости от площади объекта: до 3 га - 5%, от 3 до 5 га - 4%, от 5 до 10 га - 3%, от 10 до 50 га - 2%, от 50 га и выше - 1%.

Способ площадок. Площадки одинакового размера и формы закладываются на одном и том же расстоянии одна от другой. Ширина и длина площадок различны. Площадки могут быть квадратные (1x1; 2x2; 3x3; 4x4; 5x5 м) и прямоугольные (1x2; 2x4; 4x6 м и др.).

По площади обследования площадки размещают равномерно или в шахматном порядке. Такие способы размещения учетных площадок применяются при учете естественного возобновления.

Намечают ходовые линии, расположенные друг от друга на вычисленном расстоянии. Каждый визир разбивают на отрезки, длину которых вычисляют по вышеприведенной формуле. В конце этих отрезков и закладывают площадки. Располагают их всегда по ходу справа, по ходу слева или на визире. Передвигать

площадки нельзя. Таким путем закладывают почвенные ямы для определения зараженности почв личинками майского хруща, площадки для определения состава и состояния напочвенного покрова и др.

Способ визиров. На обследуемой площади на одинаковом расстоянии друг от друга прокладывают визир. На визире единицы наблюдения отбирают двумя способами.

1. Отбирают каждую n-ю единицу наблюдения по ходу, например каждую десятую единицу. Такой отбор единиц можно применять при взятии учетных деревьев на пробных площадях, при отборе веток на дереве для определения влажности и массы хвои.

2. Отбирают единицы наблюдения через определенное количество метров (10, 20, 30 м и т.д.), в зависимости от величины обследуемой площади. Обследуется та единица, которая окажется в конце каждого отрезка визира, или ближайшая к этой точке. Отобранные единицы (деревья, растения и т.д.) называют учетными. Такой прием отбора единиц применяют для определения процента зараженности деревьев болезнями, процента выхода деловой древесины и др.

Рассмотренная методика работ по сбору опытного материала в лесных биогеоценозах является общей. В каждом конкретном случае разрабатывается своя частная методика в соответствии с поставленной задачей и объектом исследования.

Факторы разделяются на количественные и качественные.

Качественные факторы – это разные вещества, разные технологические способы, аппараты, исполнители и т.д.

Хотя качественным факторам не соответствует числовая шкала в том смысле, как это понимается для количественных факторов, однако можно построить условную порядковую шкалу, которая ставит в соответствие уровням качественного фактора числа натурального ряда, т.е. производит кодирование. Порядок уровней может быть произволен, но после

кодирования он фиксируется.

Качественным факторам не соответствует числовая шкала, и порядок уровней факторов не играет роли.

Время реакции, температура, концентрация реагирующих веществ, скорость подачи веществ, величина рН – это примеры наиболее часто встречающихся количественных факторов. Различные реагенты, адсорбенты, вулканизирующие агенты, кислоты, металлы являются примером уровней качественных факторов.

При планировании эксперимента факторы должны быть управляемыми. Это значит, что экспериментатор, выбрав нужное значение фактора, может его поддерживать постоянным в течение всего опыта, т.е. может управлять фактором. Планировать эксперимент можно только в том случае, если уровни факторов подчиняются воле экспериментатора.

Температура воздуха – фактор неуправляемый. Мы еще не научились делать погоду по заказу. А в планировании могут участвовать только те факторы, которыми можно управлять, – устанавливать и поддерживать на выбранном уровне в течение опыта или менять по заданной программе. Температурой окружающей среды в данном случае управлять невозможно. Ее можно только контролировать.

Чтобы точно определить фактор, нужно указать последовательность действий (операций), с помощью которых устанавливаются его конкретные значения (уровни). Такое определение фактора будем называть операциональным. Так, если фактором является давление в некотором аппарате, то совершенно необходимо указать, в какой точке и с помощью какого прибора оно измеряется и как оно устанавливается. Введение операционального определения обеспечивает однозначное понимание фактора.

С операциональным определением связаны выбор размерности фактора и точность его фиксирования.

Точность замера факторов должна быть возможно более высокой. Степень точности определяется диапазоном изменения факторов. При изучении процесса, который длится десятки часов, нет необходимости учитывать доли минуты, а в быстрых процессах необходимо учитывать, быть может, доли секунды.

Факторы должны быть непосредственными воздействиями на объект. Факторы должны быть однозначны. Трудно управлять фактором, который, является функцией других факторов. Но в планировании могут участвовать сложные факторы, такие, как соотношения между компонентами, их логарифмы и т.п.

При планировании эксперимента обычно одновременно изменяется несколько факторов. Поэтому очень важно сформулировать требования, которые предъявляются к совокупности факторов. Прежде всего, выдвигается требование совместимости. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны. Это очень важное требование.

При планировании эксперимента важна независимость факторов, т.е. возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент.

Таким образом, установили, что факторы – это переменные величины, соответствующие способам воздействия внешней среды на объект.

Они определяют как сам объект, так и его состояние. Требования к факторам: управляемость и однозначность.

Управлять фактором – это значит установить нужное значение и поддерживать его постоянным в течение опыта или менять по заданной программе. В этом состоит особенность «активного» эксперимента. Планировать эксперимент можно только в том случае, если уровни факторов подчиняются воле экспериментатора.

Факторы должны непосредственно воздействовать на объект исследования.

Требования к совокупности факторов: совместимость и отсутствие линейной корреляции. Выбранное множество факторов должно быть достаточно полным. Если какой-либо существенный фактор пропущен, это приведет к неправильному определению оптимальных условий или к большой ошибке опыта. Факторы могут быть количественными и качественными.

## 2.6 Измерение. Сущность измерительного процесса

В развитии науки большое значение имеют измерения. Д. И. Менделеев правильно подметил: "Наука начинается с тех пор, как начинают измерять; точная наука не мыслима без меры". Н.И.Вавилов писал, что выдающийся английский ученый Исаак Ньютон применял в своих исследованиях «точные количественные измерения», блестяще выдержавшие испытание времени.

Роль точных измерений особенно возросла в наше время. В естествознании измерения служат основным материалом для вскрытия закономерностей изучаемых явлений. На основе измерений и выявленных закономерностей формируют законы.

Особое значение имеет правильность измерений. Достаточно иногда одного неправильного измерения, чтобы помешать открытию закона.

Создание измерительных приборов или выработка метода измерений - важный шаг к обнаружению новых явлений и закономерностей.

Измерением принято называть нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Измерения делятся на прямые, косвенные, совокупные.

Прямое измерение — нахождение искомого значения величины непосредственно из опытных данных. Примером прямого измерения является определение длины предмета с помощью, градуированной линейки. Косвенное измерение - нахождение искомого

значения величины на основании известной зависимости между этой, величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Косвенные измерения находят применение в лесной таксации при вычислении показателей формы и полндревесности ствола (сбег, класс формы, видовое число и др.)

Совокупными измерениями называются такие, при которых искомые величины определяются из совокупности прямых измерений и ряда вычислений, выполняемых по соответствующим уравнениям. Этот вид измерений обычно находит применение в лабораторной практике.

Умение измерять оказывает большое влияние на получение научной информации об изучаемом явлении. Поэтому надо как можно скорее приступить к измерительной характеристике изучаемых явлений. Любые измерения лучше словесной характеристики, так как позволяют применять математические методы обработки полученной информации об изучаемом явлении.

Еще Галилео Галилей призывал естествоиспытателей: "Измеряй все, что измеримо, и делай измеримым то, что пока неизмеримо".

Измерительная техника и приемы измерений рассматриваются при изучении специальных дисциплин. Но надо всегда помнить, что очень часто требуется большая смекалка, чтобы справиться с измерением какого-либо объекта. Когда принципиальный путь измерения установлен, решается вопрос о точности измерений. Под точностью измерений понимается близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

В процессе измерений возникают погрешности, то есть отклонения результатов измерений от истинного значения измеряемой величины. Погрешность выражают в абсолютных или относительных величинах. Абсолютная погрешность измерения выражается в единицах измеряемой величины, определяется разницей измеренного и истинного значений.

Относительная погрешность измерения выражается в долях истинного значения измеряемой величины, очень часто выражается в процентах.

Погрешности измерения происходят по различным причинам. Они делятся на случайные и систематические.

Случайные погрешности имеют место при любых измерениях. Природу их не всегда можно установить, но определить величину их можно, если произвести достаточно большое число измерений одной и той же величины.

Систематические погрешности могут быть вызваны неправильными показаниями прибора или личными качествами человека. Их можно обнаружить в процессе измерений и исключить из результатов.

К разновидностям погрешностей измерения иногда относят еще грубые погрешности или промахи, которые легко обнаруживают опытные исследователи.

Для оценки опытных материалов вычисляют систематическую и среднюю квадратичную ошибки. Способы вычисления этих ошибок рассматриваются при выполнении лабораторных работ.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что устанавливают в программе эксперимента?
2. В чем сущность способа отбора полосками?
3. В чем сущность способа отбора площадками?
4. В чем сущность способа отбора с помощью визиров?
5. Что такое фактор эксперимента?
6. В чем отличие одно- от многофакторного эксперимента?
7. Что такое качественные и количественные факторы?
8. Что такое измерение?
9. Какие способы измерений существуют?
10. Что такое погрешность измерения?

11. Дайте определение понятиям относительной и систематической погрешностей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.-351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>



## Лекция 3

### ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

#### 3.1. Число вариантов, повторность и повторения

Число вариантов в схеме любого опыта — обычно заранее заданная величина, которая всецело определяется его содержанием и задачами. Число вариантов, очевидно, не может оказать влияния на типичность опыта, но может существенно сказаться на его ошибке, так как при прочих равных условиях опыт с большим числом вариантов будет занимать большую площадь; Увеличение числа вариантов в опыте сверх 12—16 на пестрых и выравненных участках с закономерной территориальной изменчивостью плодородия почвы значительно увеличивает ошибку эксперимента. При случайном варьировании пестроты плодородия, т. е. на участках, где территориальная изменчивость выражена слабо, независимо от величины коэффициента вариации ошибка опыта при увеличении числа вариантов с 6 до 50 также (возрастает, но в значительно меньшей степени).

С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом, возрастает пестрота почвенного плодородия и расстояние между сравниваемыми вариантами, так как в этом случае труднее уложить опыт или его отдельные повторения в пределах однородной по почвенному плодородию площадки. Все это и ведет к увеличению ошибки опыта.

В связи с этим при разработке схемы необходимо осторожно увеличивать число вариантов и стремиться к тому, чтобы в опыте было не более 12—16 вариантов и 60—64 деланки.

Если вариантов очень мало, например 2—3, то необходима более высокая повторность, чтобы иметь достаточное число наблюдений для правильной оценки ошибки опыта.

Точность полевого эксперимента и надежность средних по вариантам в большой степени определяются повторностью опыта на территории и во времени.

Повторностью опыта на территории называют число одноименных деланок каждого варианта, а повторностью опыта во времени — число лет испытаний новых агротехнических приемов или сортов. Территориальная повторность дает возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту земельного участка и получить более устойчивые и точные средние, а повторность во времени позволяет установить действие, взаимодействие или последствие изучаемых факторов в разных метеорологических условиях. При увеличении повторности заметно снижается ошибка опыта.

Эффективность повторности особенно четко проявляется, если целые повторения, т. е. весь набор изучаемых вариантов опыта, располагать в пределах даже сильно различающихся, но достаточно однородных внутри себя частей земельного участка. Большую часть простых однофакторных и небольших многофакторных полевых опытов с качественными вариантами (сорта, предшественники, способы обработки почвы, севообороты и т. д.) проводят, как правило, при 4—6-кратной повторности.

Проведение опытов без повторности допустимо в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах.

Полевые опыты обычно располагают на площади земельного участка методом организованных повторений. Суть его заключается в том, что деланки с полным набором всех вариантов схемы объединяют территориально в компактную группу, составляя определенным образом организованное повторение, которое занимает часть площади участка.

Организованное повторение — часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта.

В условиях полевого опыта различия в плодородии почвы внутри повторений обычно значительно меньше, чем между повторениями. Это и послужило основой для введения метода организованных повторений. В настоящее время большинство опытов ставят методом организованных повторений, так как выделить под опыт земельный участок, где не имелось бы более или менее резких различий между отдельными частями его, очень трудно.

Опыты могут размещаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы — повторения, а полностью случайно. Такое размещение называют методом неорганизованных повторений или полной рендомизацией.

Применяют два способа размещения организованных повторений: сплошное, когда все повторения объединены территориально, и разбросанное, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или даже в различных полях и опытный участок не имеет одной общей границы.

Число опытных участков соответствует числу повторностей опыта.

### **3.2. Площадь, направление и форма делянки**

Полевой опыт ставят на делянках, имеющих определенный размер и форму. Делянки служат для размещения на них изучаемых и контрольных вариантов. Часто размеру делянки в опытном деле придается значительно большее значение, чем он того заслуживает. Увлечение большими делянками (до 1 га и больше), наблюдавшееся у нас в тридцатых годах, кроме снижения точности исследований и увеличения затрат на проведение опытов, ничего не принесло и быстро пошло на убыль. Во всех странах в практике опытной работы крупные делянки, характерные для начальной стадии развития опытного дела, постепенно вытесняются более мелкими, позволяющими проводить исследования экономнее, быстрее и в большем объеме.

Теоретически можно ожидать, что увеличение площади делянки может иметь определенное значение постольку, поскольку на небольшой площади может разместиться малое число растений и индивидуальные различия их не будут компенсированы числом. Поэтому чем крупнее высеваемое растение, тем больше должна быть минимальная площадь делянки, но когда размер ее превышает площадь, на которой может располагаться нужное число растений, дальнейшее увеличение не может иметь существенного значения для точности опыта.

В практике опытного дела в нашей стране наиболее широко используются делянки размером 50—200, а на первоначальных этапах исследовательской работы 10—50 м<sup>2</sup>. Делянки меньше 10 м<sup>2</sup> обычно применяют в так называемых микрополевых опытах, например при селекции растений, когда очень важно экономить посевной и посадочный материал.

При установлении размера делянки следует учитывать особенности агротехники растений: ширину междурядий, густоту стояния и т. п. Для пропашных культур минимальный размер делянки должен быть достаточным, чтобы исключить влияние изменчивости отдельных растений на точность опыта. В литературе чаще всего указывается как минимум 80—100 растений. Общее правило таково, что чем больше выращивается растений на единице площади, тем меньше может быть площадь делянки. Так, у льна достаточно хорошая точность опыта достигается при площади учетной делянки 20...25 м<sup>2</sup>, у зерновых — 40...60, а у семянцев древесных растений — 50...100 м<sup>2</sup>.

Крупная делянка имеет преимущество перед небольшой только при проведении многолетних опытов, когда возникает необходимость изучать новые факторы или приемы, не предусмотренные при закладке опыта. В подобных случаях большую делянку можно разделить (расщепить) на несколько более мелких и заложить на них дополнительные варианты или ввести новый фон для изучения эффективности уже имеющихся вариантов. В связи с этим многолетние опыты целесообразно закладывать на делянках 200—300 кв. м, с тем чтобы при необходимости расщепления каждая из них имела площадь 50—100 м<sup>2</sup>.

При проведении опытов в условиях производства нет объективных оснований к значительному увеличению размера делянок. Площадь делянки должна быть такой, чтобы можно было выполнять все полевые работы, достаточно типичные для агротехники и уровня механизации передовых хозяйств данного района. Поэтому размер делянок опытов, заложенных в производственных условиях, варьирует в широких пределах — от 100-до 3000 м<sup>2</sup> и больше.

Если говорить о минимально допустимом размере делянок для опытов в условиях производства, то они не отличаются от тех, которые названы выше. Здесь следует отметить, что метод полевого опыта должен использоваться для научной разработки новых приемов, а не внедрения уже разработанных способов возделывания, поэтому большой размер делянок не достоинство, а скорее наоборот; применение крупных делянок (более 1000 м<sup>2</sup>) часто лишает опыт достоверности по существу, не говоря уже об увеличении материальных и трудовых затрат.

**Направление делянки.** Достоверность опыта во многом зависит от направления делянок, т. е. от ориентации их на опытном участке. Сравнение изучаемых вариантов будет правильным, если опытные делянки располагать длинной стороной в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы. В этом случае все варианты будут поставлены в одинаковые условия сравнения и оценка их эффективности будет неискаженной.

особенно сильно плодородие почвы и другие условия выращивания растений меняются вдоль склона. Поэтому при расположении опыта на склоне направление длинных сторон делянок надо ориентировать вдоль, а не поперек склона. По такому же принципу закладывают опыт на полях с поперечными лесными полосами: делянки располагают длинной стороной перпендикулярно к лесной полосе.

Удлиненная форма делянки оказывается наиболее рациональной при больших размерах делянок и при закладке опыта на склоне, когда можно ожидать заметного изменения плодородия почвы. В последнем случае длинные, узкие делянки необходимо располагать вдоль склона так, чтобы каждая из них захватывала все его элементы.

Существенным недостатком вытянутых делянок по сравнению с прямоугольными и квадратными является их большой периметр. Это требует выделения большой площади для устранения краевых эффектов.

В большинстве стационарных полевых опытов с площадью делянок от 20 до 200 м<sup>2</sup> применяют делянки, у которых длина превосходит ширину в 5—10 раз; опыты на делянках большего размера обычно ставят при более широком соотношении сторон, а именно длина превышает ширину обычно в 10—20 раз.

### **3.3. Размещение вариантов**

Выделяются три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка: стандартные, систематические и рендомизированные (случайные).

Стандартные методы характеризуются более частым, обычно через 1—2 опытных варианта, расположением контроля, стандарта. Систематические методы предусматривают неизменный порядок расположения вариантов в каждом повторении. При случайных методах порядок вариантов определяется путем рендомизации, т. е. размещения их внутри каждого повторения случайно по жребию, когда каждый вариант имеет равную вероятность, равный шанс попасть на любую делянку.

Однако стандартные методы имеют ряд существенных недостатков.

Во-первых, не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями рядом расположенных делянок.

Во-вторых, очень трудно сравнивать опытные варианты, далеко расположенные друг от друга, что бывает при большом числе (свыше 10—12) изучаемых вариантов.

В-третьих, стандартные методы характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади, особенно при большом числе изучаемых вариантов. Отмеченные недостатки не способствовали, широкому распространению стандартных методов в опытной работе.

Систематическое размещение вариантов — это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе.

Имеется много способов размещения вариантов по этому методу. В нашей стране распространены два — последовательный в один ярус и шахматный при расположении повторений в несколько ярусов..

Наиболее простым является последовательное расположение делянок в один ярус. Варианты на делянках всех повторений располагаются в той последовательности, которая заранее установлена исследователем на основании главным образом организационно-технических причин — удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки и т. п. Если, например, в первом повторении для опыта из пяти вариантов намечен порядок 1, 2, 3, 4, 5, то этот же порядок сохраняется во всех остальных повторениях.

При шахматном размещении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается, что позволяет полнее охватить каждым вариантом пестроту плодородия участка и несколько уменьшить влияние закономерного варьирования почвенного плодородия на эффект варианта. Чтобы определить число делянок, на которое необходимо сдвинуть размещение вариантов в последующих ярусах, число вариантов опыта делят на число ярусов. Так, при шести вариантах и двухъярусном расположении повторений делянки во втором ярусе необходимо сдвинуть на 3 номера ( $6:2 = 3$ ), а при трехъярусном — на 2 номера в каждом ярусе.

Рендомизированное размещение вариантов предложено Р. А. Фишером (Англия) на основании предпосылок разработанного им дисперсионного анализа. Такое размещение способствует лучшему охвату каждым вариантом пестроты плодородия почвы, как бы разрушает возможное систематическое изменение плодородия внутри повторения и исключает его однонаправленное влияние на результаты опыта. Использование случайных способов распределения — одна из характерных особенностей современного периода развития методики полевого эксперимента.

Таким образом, планируя полевые опыты, требующие точных сравнений и статистической оценки, необходимо использовать современные методы размещения вариантов, основой которых является рендомизация. Игнорирование требования случайного отбора делянок для каждого варианта внутри повторений часто ведет к неверным выводам и дискредитирует идею выборочного метода исследования. Нарушая принцип рендомизации, экспериментатор должен помнить, что он лишается возможности полноценно статистически доказать существенность различий по вариантам, так как методы статистического анализа базируются на принципе случайного отбора.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое повторность и повторения?
2. От чего зависит форма делянки?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

**б) Дополнительная литература.**

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). -5 изд. / Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.-351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

**в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

### 6.1. Техника закладки и проведение полевых работ, учетов и наблюдений

Полевой опыт дает объективную оценку изучаемым вариантам лишь в том случае, если эксперимент проведен с соблюдением всех требований методики. Ошибки технического характера, допущенные на любом этапе опытной работы (разбивка опытного участка и т. д.), нарушают сравнимость вариантов и искажают их эффекты. Эти ошибки не могут быть исправлены никакой математической обработкой и, следовательно, полностью обесценивают результаты опыта. Поэтому соблюдение всех технических правил проведения эксперимента в поле — важнейшее условие получения точных данных, пригодных для объективной оценки.

После изучения и подготовки земельного участка необходимо нанести намеченное расположение опыта на схематический план, где указать точные размеры всего опыта, повторений, делянок, номера делянок и номера вариантов по делянкам и т. п.

По схематическому плану затем размещают опыт в натуре, т. е. выделяют и фиксируют границы опыта, отдельных повторений и делянок. При этом очень важно, чтобы площадь повторений и делянок точно соответствовала принятым размерам, все делянки во всех повторениях обязательно должны быть одинаковой длины и ширины и иметь строго прямоугольную форму.

Перед выходом в поле необходимо заранее подготовить теодолит или эккер для построения прямых углов, стальную мерную ленту или 20-метровую рулетку, крепкий длинный шнур, 5—10 вешек длиной 1,5—2 м, 4 угловых столбика (репера) для фиксирования границ опыта и небольшие рабочие колышки диаметром 3—4 см и длиной 25—30 см для фиксирования границ делянок.

Разбивку участка начинают с выделения общего контура опыта и контуров отдельных повторений. Опыт должен располагаться так, чтобы его или каждое повторение (при разбросанном размещении их) со всех сторон окаймляли защитные полосы шириной не менее 5 м. Общий контур и контур повторений выделяют с возможно большей точностью; допустимая невязка для общего контура не должна превышать 5—10 см на 100 м длины.

После выделения общего контура опыта его разбивают на повторения и делянки по шнуру и мерной ленте или рулетке. Технически эта работа не представляет сложности, но должна быть выполнена очень аккуратно. Колышки на границах делянок нужно вбивать точно возле отметок, все время с одной стороны мерной ленты; по границам повторений ставят по два колышка или выделяют их особо. На колышках указывают номера делянок, повторений и делают другие обозначения. Надписи располагают на той стороне колышка, которая обращена внутрь соответствующей делянки, чтобы было ясно, к какой из них они относятся.

При планировании и закладке опыта в натуре должны быть обязательно предусмотрены защитные полосы шириной не менее 5 м, окаймляющие весь опытный участок, а также между повторениями и по краям каждой делянки, чтобы устранить влияние соседних вариантов. В опытах с удобрениями, обработкой почвы и многолетних опытах минимальной шириной защиток следует считать 1—1,5 м около каждой делянки или 2—3 м между соседними делянками, а для краткосрочных опытов по изучению способов, норм посева и т. п. ширина защиток допускается в пределах 0,5—0,75 м для каждой делянки.

По окончании разбивки опыта необходимо надежно зафиксировать его основные границы, от которых в любое время можно было бы установить границы повторений и делянок.

Важнейшее правило исследователя — одновременность выполнения агротехнических работ, не подлежащих изучению на всех или в крайних случаях на нескольких целых повторениях полевого опыта'. Это требование необходимо строго выполнять на стационарном опытном поле и в производстве; в соответствии с ним должен быть организован труд на всем опытном участке, опытном поле или станции. Даже незначительный разрыв в сроках обработки, если за это время, например, прошел дождь, разрыв в сроках внесения удобрений или посева всего на 6—8 ч ведет иногда к существенным различиям в росте и развитии растений. К сожалению, именно это важнейшее требование методики, вытекающее из принципа единственного различия, часто упускают из виду при планировании опыта на крупных делянках с большим числом изучаемых вариантов. Неоднократное нарушение этого требования в течение вегетации часто ведет к полной утрате достоверности опытов по существу. Таким образом, единовременность, равнокачественность и краткосрочность всех работ на опыте—первое и важнейшее требование к выполнению агротехнических работ.

Другое общее требование — высококачественность всех выполняемых работ. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным для проявления эффекта от изучаемого приема или сорта и, как правило, более высоким, чем в производственных условиях. Здесь могут быть использованы любые прогрессивные агротехнические приемы, не мешающие выявлению действия того или иного фактора. Нельзя, например, при исследовании действия азотных удобрений в качестве общего фона вносить органические удобрения, богатые азотом, если их не изучают в опыте.

## 6.2. Первичная обработка результатов исследований

Оценка и обработка опытных данных при исследовании лесных биогеоценозов начинается в поле и называется полемамеральной. После завершения эксперимента прежде всего необходимо просмотреть все опытные данные и восполнить пробелы, если это возможно. По невнимательности исполнителя иногда возникают так называемые грубые ошибки, заведомо неверные результаты измерения. Поэтому сомнительные данные должны быть проверены на объектах исследования. В полевых материалах обязательно отмечаются исполнитель работ, дата и место нахождения объекта.

Интуитивное исключение данных с грубой ошибкой опасно и совершенно недопустимо для начинающего исследователя. Прибегая к волевому исключению сомнительных данных, исследователь может получить неистинный результат. Если нет возможности проверить сомнительные данные на объектах, то прибегают к следующему приему. По данным измерений вычисляют среднее значение и среднее квадратичное отклонение. Затем находят разность между подозреваемым в грубой ошибке и среднеарифметическим значениями. Эту разность делят на среднее квадратичное отклонение:

$$t\phi = \frac{x - M}{\sigma} \quad (6.1.);$$

где  $X(!)$  - подозреваемое в грубой ошибке значение;  $M$  - среднее значение;  $\sigma$  - среднее квадратичное отклонение.

Полученное значение  $t\phi$ , сравнивают с критическим (стандартным)  $tst$  по таблице Стьюдента. Критическое значение берут в зависимости от числа степеней свободы  $\nu = n - 2$  и

той вероятности (надежности), с которой желают получить серию наблюдений без грубых ошибок.

Если  $t\phi > t_{st}$  с принятой вероятностью можно допустить, что результат содержит грубую ошибку. Данная единица подлежит исключению. Однако и этим способом надо пользоваться осторожно, так как можно исключить верные результаты.

Например, имеем среднее значение диаметра  $M = 22,0$  см, среднее квадратичное отклонение  $a = 6,0$  см, число деревьев  $n = 30$  шт., подозреваемый в ошибке диаметр  $x(!) = 64$  см. После проведенных вычислений получим: 7

По таблице Стьюдента  $t_{st} = 2,8$  при вероятности 0,99 и числе степеней свободы  $\nu = n - 2 = 30 - 2 = 28$ , отсюда  $t\phi > t_{st}$  ( $7,0 > 2,8$ ). Следовательно, сомнительное значение диаметра 64,0 см подлежит исключению из опытных материалов как ошибочное.

Таблица 6.1. - Стандартное значение критерия Стьюдента  $t_{st}$

| Число степеней свободы $\nu = n - 2$ | Критерий Стьюдента при вероятности вывода |      |       |
|--------------------------------------|---|------|-------|
|                                      | 0,95                                      | 0,99 | 0,999 |
| 18...20                              | 2,1                                       | 2,9  | 3,9   |
| 21...24                              | 2,1                                       | 2,8  | 3,8   |
| 25...28                              | 2,1                                       | 2,8  | 3,7   |
| 29...30                              | 2,0                                       | 2,8  | 3,7   |
| 63...175                             | 2,0                                       | 2,6  | 3,4   |
| 176                                  | 2,0                                       | 2,6  | 3,3   |

После исключения грубых: ошибок, если они имели место, на основе прямых измерений приступают к полекамеральной обработке. В практике научных исследований лесных биогеоценозов на основе прямых измерений очень часто приходится производить вычисление тех или иных показателей. Например, на основе измерений диаметра ствола на середине двухметровых секций вычисляют его объем. Обработка полевых материалов, включающая громоздкие расчеты, производится на ЭВМ по разработанным программам.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается первичная обработка данных исследований?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

##### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.-351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

**в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 8

# ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 8.1. Эмпирические и теоретические распределения

Многие исследования начинаются обычно со сбора обширного цифрового материала, понимание которого облегчается систематизацией и представлением исходных данных в виде таблиц и графиков.

Допустим, что в результате измерения общей длины 100 растений льна были получены следующие данные (см):

|    |     |     |     |     |    |    |    |     |    |
|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|
| 90 | 109 | 99  | 100 | 115 | 68 | 70 | 72 | 73  | 70 |
| 76 | 82  | 80  | 68  | 69  | 74 | 72 | 69 | 80  | 79 |
| 79 | 84  | 84  | 108 | 83  | 84 | 99 | 98 | 102 | 10 |
| 45 | 59  | 60  | 63  | 78  | 87 | 94 | 91 | 88  | 90 |
| 72 | 68  | 80  | 81  | 84  | 77 | 79 | 81 | 84  | 76 |
| 70 | 67  | 100 | 103 | 69  | 72 | 74 | 66 | 67  | 72 |
| 79 | 78  | 83  | 92  | 93  | 81 | 82 | 86 | 89  | 93 |
| 77 | 76  | 88  | 89  | 94  | 82 | 80 | 81 | 77  | 80 |
| 92 | 91  | 76  | 79  | 73  | 84 | 79 | 84 | 79  | 84 |
| 89 | 85  | 93  | 90  | 79  | 83 | 91 | 87 | 89  | 94 |

В таком виде ряд измерений объемом  $n = 100$  мало приспособлен, чтобы характеризовать растения льна по высоте. Поэтому необходимо сгруппировать значения  $X_1, X_2, \dots, X_n$  в  $k$  групп с интервалом каждой группы  $L$ . Ориентировочно число групп равно корню квадратному из объема выборки, которое, однако, не должно быть меньше 5 и больше 20.

Величину интервала групп определяют по соотношению:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\text{число групп}} = \frac{R}{r}$$

При выборе границ групп следует обращать внимание на то, чтобы верхняя граница группы была меньше, чем нижняя граница прилегающей соседней группы на цену деления, т. е. единицу измерения, в нашем примере на 1 см. Группируют в такой последовательности:

Определяют размах варьирования результатов измерения, т. е. разность между наибольшим и наименьшим значением ряда измерений.

Устанавливают число групп  $k$  и размер интервала группировки  $i = R/k$ .

Подготавливают макет таблицы сгруппированного распределения частот результатов измерений. В первой колонке (подлежащее) записывают интервал группировки (группы), а во второй (сказуемое) - число результатов измерений, входящих в данный интервал, т. е. частоту  $f$ .

Подсчитывают число данных, соответствующих по своему значению каждому интервалу группировки, и результаты записывают в соответствующие графы таблицы

Указанный в таблице ряд пар чисел составляет эмпирическое распределение частот — распределение частот  $f$  по значениям  $X_i$ .

Визуальное представление о распределении частот будет более наглядным при графическом изображении данных.

Этот способ очень удобен, он позволяет сразу охватить важнейшие черты, закономерности распределения наблюдений. Графическое изображение вариационного ряда называется кривой распределения или *вариационной кривой*.

Ступенчатый график в виде столбиков, имеющих высоту, пропорциональную частотам, а ширину, равную интервалам классов, называется *гистограммой*, из которой легко получить полигон — кривую распределения, соединив линией средние значения групп.

Наряду со средней арифметической важной статистической характеристикой эмпирических распределений является стандартное отклонение  $s$  — мера разброса отдельных наблюдений вокруг среднего значения признака. *Квадрат стандартного отклонения  $s^2$  называется дисперсией, или средним квадратом*. Стандартное отклонение и дисперсия являются наиболее употребительными и стабильными характеристиками рассеяния варьирующих признаков: чем больше дисперсия или стандартное отклонение, тем более рассеяны около средней индивидуальные значения признака, т. е. больше изменчивость; с уменьшением этих величин изменчивость уменьшается.

Средняя арифметическая и стандартное отклонение являются основными статистическими характеристиками, при помощи которых задается эмпирическое распределение частот. Этих двух простых характеристик достаточно, чтобы на основе знания закономерностей теоретических распределений построить эмпирическое распределение и воспроизвести определенную закономерность в этом распределении. Таким образом, главная ценность статистических характеристик — возможность при помощи немногих и простых показателей выразить существенные особенности эмпирических распределений.

## **8.2. Вычисление статистических характеристик выборки при количественном изменении признака**

К количественным относят признаки, которые могут быть охарактеризованы количественно, — урожай с делянки, число, высота и масса растений, содержание белка и клейковины в зерне и т. д. Различают два вида количественной изменчивости: непрерывную и прерывистую или дискретную. В первом случае значения признака выражены мерами объема, длины, массы и т. д., во втором различия между единицами наблюдения выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов, например число зерен в колосе и т. д.

Выборки, состоящие из 20—30 единиц наблюдения, называют малыми, а выборки большего объема — большими.

После изучения выборочная совокупность представляет собой ряд варьирующих значений признака, записанных в той последовательности, в какой они были получены.

При работе с преобразованными (закодированными) датами необходимо иметь в виду, что вычитание или прибавление условной средней  $A$ , т. е. изменение начала отсчета, не оказывает влияния на сумму квадратов и поправка необходима лишь при определении средней арифметической.

При большом числе исходных наблюдений результаты необходимо представить в виде систематизированного вариационного ряда. Систематизация сводится к распределению отдельных значений по группам, или классам. Число групп зависит от объема выборки: при 30—60 наблюдениях рекомендуется выделить 6—7 групп, при 60—100 наблюдениях — 7—8, а если число наблюдений более 100, то выделяют 8—15 групп. Ориентировочно число групп равно корню квадратному из общего числа наблюдений.

Частоту встречаемости признака в каждой группе устанавливают путем разности исходных дат по классам. Чтобы избежать ошибок и сэкономить время при распределении

вариант по группам, рекомендуется не искать одинаковые варианты в совокупности, а разносить их подряд по группам, что не одно и то же. Для разности целесообразно пользоваться одним из следующих способов.

Способ «штрихов». В исходных данных зачеркивают первую дату и заносят ее в соответствующую строчку (группу) рабочей таблицы, отмечая вертикальной чертой. Затем зачеркивают вторую дату и также переносят ее в таблицу.

В таблице первые четыре даты в каждом классе отмечают вертикальными черточками, а пятую — в виде диагонали.

Способ «конвертиков». Первые четыре даты в каждой группе изображают точками по углам квадрата; следующие четыре даты 5—8 отмечают в виде сторон квадрата, соединяющих ранее нанесенные точки, 9-ю и 10-ю даты — в виде диагоналей.

Чтобы наглядно представить закономерность распределения изучаемого признака в совокупности, вариационные ряды принято изображать графически в виде ступенчатого графика-гистограммы или полигона — ломаной линией, соединяющей средние значения групп. Графическое изображение вариационного ряда называется кривой распределения.

Основными статистическими характеристиками количественной изменчивости являются средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ), дисперсия ( $s^2$ ), стандартное отклонение ( $s$ ), ошибка средней арифметической ( $s_{\bar{x}}$ ), коэффициент вариации ( $V$ ) и относительная ошибка выборочной средней ( $s_F\%$ ).

Средняя арифметическая  $\bar{x}$  представляет собой обобщенную, абстрактную характеристику всей совокупности в целом. Если сумму всех вариантов ( $X_1+X_2+\dots+X_n$ ) обозначить через  $\Sigma X$ , а число всех вариантов через  $n$ , то формула для определения простой средней арифметической примет следующий вид:

$$\bar{x} = \Sigma X/n.$$

Основными статистическими характеристиками количественной изменчивости являются средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ), дисперсия ( $s^2$ ), стандартное отклонение ( $s$ ), ошибка средней арифметической ( $s_{\bar{x}}$ ), коэффициент вариации ( $V$ ) и относительная ошибка выборочной средней ( $s_F\%$ ).

Средняя арифметическая  $\bar{x}$  представляет собой обобщенную, абстрактную характеристику всей совокупности в целом. Если сумму всех вариантов ( $X_1+X_2+\dots+X_n$ ) обозначить через  $\Sigma X$ , а число всех вариантов через  $n$ , то формула для определения простой средней арифметической примет следующий вид:

$$\bar{x} = \Sigma X/n.$$

Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве суммы всех положительных и всех отрицательных отклонений от нее, т. е. сумма центральных отклонений всех

отдельных вариантов от  $\bar{x}$  равна нулю  $\Sigma(X-\bar{x}) = (X_1-\bar{x}) + (X_2-\bar{x}) + \dots + (X_n-\bar{x}) = 0$ . Если  $\Sigma(X-\bar{x})$  оказалась неравной нулю, значит, допущена ошибка в вычислениях.

Дисперсия  $s^2$  и стандартное отклонение  $s$  служат основными мерами вариации, рассеяния изучаемого признака. Дисперсия представляет собой частное от деления суммы квадратов отклонений  $\Sigma(X-\bar{x})^2$  на число всех измерений без единицы ( $n-1$ ):

Размерность дисперсии равна квадрату размерности изучаемого признака, что неудобно и заставляет ввести для измерения рассеяния другую характеристику, имеющую размерность варьирующей величины и называемую стандартным или средним квадратическим отклонением. Его получают извлечением квадратного корня из дисперсии:

При вычислении средней арифметической  $\bar{x}$  все величины независимы друг от друга, поэтому сумма их делится на общее число вариантов  $n$ . Но когда уже известен ряд наблюдений от  $X_1$  до  $X_n$ , каждое значение ряда, так же как и каждое отклонение  $(X-\bar{x})$ , можно легко определить по значению  $\bar{x}$  и значениям остальных  $n-1$  вариант ряда.

Действительно, любое отклонение зависит от величины всех остальных и численно равно сумме их, взятых с обратным знаком, так как сумма всех отклонений  $\sum (X-x) = 0$ . Поэтому неизвестное отклонение должно свести эту сумму к нулю. Следовательно, отклонение одной любой варианты от  $x$  как бы лишено свободы вариации и точно определяется варьированием всех остальных вариантов, т. е.  $n-1$ . В связи с этим число независимых величин при определении  $s^2$  и  $s$  равно не  $n$ , а  $n-1$ .

Стандартное отклонение служит показателем, который дает представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного, единичного наблюдения, взятого из данной совокупности. В пределах одного значения ( $\pm s$ ) укладывается примерно  $2/3$  всех наблюдений, или, точнее, 68,3% всех вариантов, т. е. основное ядро изучаемого ряда величин. Поэтому стандартное отклонение называют также основным отклонением вариационного ряда. Следовательно, возможны отклонения от  $x$ , превосходящие  $\pm s$ , но вероятность их по мере удаления отклонений от  $x$  все время уменьшается. Так, вероятность встретить варианту, отклоняющуюся от  $x$  на величину больше  $\pm 3s$ , составляет всего около 0,3%. Поэтому утроенное значение стандартного отклонения принято считать предельной ошибкой отдельного наблюдения, и, следовательно, почти все значения вариантов в вариационном ряду укладываются в пределах  $\pm 3s$ . Шестикратное значение среднего квадратического отклонения (от  $+3s$  до  $-3s$ ) дает ясное представление о ширине ряда наблюдений, о его рассеянии.

Коэффициент вариации  $V$  — стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности:

$$V = s/x \cdot 100\%$$

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Использование коэффициента вариации имеет смысл при изучении вариации признака, принимающего только положительные значения. Не имеет смысла, например, коэффициент вариации, вычисленный для характеристики колеблемости среднегодовой температуры, близкой к  $0^\circ$ , когда варьирующий признак принимает как положительные, так и отрицательные значения.

Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10% средней, если  $V$  выше 10%, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20%.

Ошибка выборочной средней или ошибка выборки  $s_{\bar{x}}$  является мерой отклонения выборочной средней  $\bar{x}$  от средней всей (генеральной) совокупности  $\mu$ . Ошибки выборки возникают вследствие неполной репрезентативности (представительности) выборочной совокупности и свойственны только выборочному методу исследования. Они связаны с перенесением результатов, полученных при изучении выборки, на всю генеральную совокупность. Величина ошибок зависит от степени изменчивости изучаемого признака и от объема выборки.

Ошибка выборочной средней прямо пропорциональна выборочному стандартному отклонению  $s$  и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений  $n$ .

Ошибка средней арифметической тем меньше, чем меньше варьирует опытный материал и чем из большего числа измерений вычислено среднее арифметическое. Ошибка выборки, выраженная в процентах, от соответствующей средней, называется относительной ошибкой -выборочной средней.

Основными статистическими показателями (-параметрами) качественной изменчивости являются доля признака, показатель изменчивости, коэффициент вариации и ошибка выборочной доли.

Доля признака, или относительная численность (частота) отдельной варианты в данной совокупности.

Доля признака — это отношение численности каждого -из членов ряда к численности совокупности  $N$ , т. е. вероятность появления данного признака в изучаемой совокупности.

### **8.3. Вычисление статистических характеристик выборки при качественном изменении признака. Статистические методы проверки гипотез**

К количественным относят признаки, которые могут быть охарактеризованы количественно, — урожай >с делянки, число, высота и масса растений, содержание белка и клейковины в зерне и т. д. Различают два вида количественной изменчивости: непрерывную и прерывистую или дискретную. В первом случае значения признака выражены мерами объема, длины, массы и т. д., во втором различия между единицами наблюдения выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов, например число зерен в колосе и т. д.

Выборки, состоящие из 20—30 единиц наблюдения, называют малыми, а выборки большего объема — большими.

После изучения выборочная совокупность представляет собой ряд варьирующих значений признака, записанных в той последовательности, в какой они были получены.

При вычислениях исходные даты целесообразно преобразовать так, чтобы отбросить лишние цифры и опустить запятые. Последние потом вновь восстанавливают. Преобразование (кодирование) может осуществляться вычитанием от результатов измерений одного и того же числа  $A$ , умножением или делением исходных дат на одно и то же число  $K$ , а также одновременным проведением двух действий.

При работе с преобразованными (закодированными) датами необходимо иметь в виду, что вычитание или прибавление условной средней  $A$ , т. е. изменение начала отсчета, не оказывает влияния на сумму квадратов и поправка необходима лишь при определении средней арифметической. Если преобразование осуществляется путем умножения или деления, то для получения окончательных результатов среднее арифметическое и сумму квадратов надо скорректировать: среднее — в первом случае надо разделить, во втором — умножить на число кода  $K$ , а сумму квадратов соответственно разделить или умножить на  $K^2$ .

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Что такое эмпирические распределения?

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

##### ***а) Основная литература***

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

**б) Дополнительная литература.**

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.-351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

**в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

- a. Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- b. Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
- c. НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
- d. <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
- e. [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
- f. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
- g. <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
- h. <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 9

# ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 9.1. Нормальное распределение

Различают эмпирические и теоретические распределения частот совокупности результатов наблюдений.

Эмпирическое распределение — распределение результатов измерений, полученных при изучении выборки, например распределение растений по высоте и массе, распределение делянок дробного учета по урожаю и т. д. В основе его лежат определенные математические закономерности, которые в генеральной совокупности, т. е. при очень большом числе наблюдений ( $n \rightarrow \infty$ ), характеризуются некоторыми теоретическими распределениями.

На основе теоретических распределений построены статистические критерии, которые используются для проверки некоторых гипотез. Наиболее часто в исследовательской работе опираются на нормальное распределение или специальные распределения, получаемые из нормального для определенно поставленной задачи и при ограниченном числе степеней свободы

Нормальным, или гауссовым, называют распределение вероятностей непрерывной случайной величины  $X$ .

Положение и форма кривой нормального распределения полностью определяются двумя параметрами: генеральной средней  $\bar{x}$ , которая находится в центре распределения, и стандартным отклонением  $a$ , которое измеряет вариацию отдельных наблюдений около средней.

По форме кривые нормального распределения могут быть различными. Вид кривой полностью соответствует степени варьирования изучаемого признака, т. е. величине стандартного отклонения  $a$ . Чем оно больше и, следовательно, больше варьирует изучаемый материал, тем более пологой становится вариационная кривая, при малых значениях  $a$  она приобретает иглообразную форму.

Для нормального распределения характерны следующие закономерности:

в области  $\mu \pm 0$  лежит 68,26% (почти две трети) всех наблюдений;

внутри пределов  $\mu \pm 2\sigma$  находится 95,46% всех значений случайной величины;

интервал  $(\mu \pm 3\sigma)$  охватывает 99,73%, следовательно, практически все значения.

Площадь под кривой, ограниченную от среднего на  $t$  стандартных отклонений, выраженную в процентах всей площади, называют статистической надежностью, или уровнем вероятности  $P$ .

### 9.2. Средние и стандартные отклонения

Средняя арифметическая и стандартное отклонение являются основными статистическими характеристиками, при помощи которых задается эмпирическое распределение частот. Этих двух простых характеристик достаточно, чтобы на основе знания закономерностей теоретических распределений построить эмпирическое распределение и воспроизвести определенную закономерность в нем. Доказано, что  $\bar{x}$  и  $s$  сосредоточивают в себе всю информацию о параметрах  $\mu$  и  $\sigma$ , и ничего более совершенного для характеристики совокупности по выборочным данным предложить нельзя.

Результаты различных наблюдений, полевых и вегетационных опытов чаще всего располагаются приблизительно в соответствии с симметричной кривой нормального

распределения, когда частоты вариантов, равно отстоящих от средней, равны между собой, т. е. симметричны. Но нередко некоторые признаки растений и животных дают распределения, значительно отличающиеся от нормального, — асимметричные, или скошенные.

Асимметрия может быть положительной, или правосторонней, когда увеличиваются частоты правой части, и отрицательной, или левосторонней, когда увеличиваются частоты левой части вариационной кривой.

Причинами асимметричных распределений могут быть следующие.

Неправильно взятая выборка, когда в нее вошло непропорционально много (или мало) представителей варианта с большим или меньшим их значением.

Действие определенных факторов, сдвигающих частоту варьирующего признака в ту или другую сторону от среднего значения.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое нормальное распределение?
2. В чем разница между стандартными и средними отклонениями?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

##### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5 изд. / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

##### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
    - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
    - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
    - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 10 ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

### 10.1. Схема эксперимента и дисперсионный анализ

Дисперсионный анализ разработан и введен в практику сельскохозяйственных и биологических исследований английским ученым Р. А. Фишером, который открыл закон распределения отношения средних квадратов (дисперсий).

Дисперсионный анализ широко используется для планирования эксперимента и статистической обработки его данных. Если в недалеком прошлом считали, что роль математика состоит лишь в анализе экспериментальных данных, то работы Р. А. Фишера коренным образом изменили эту точку зрения, и в настоящее время статистическое планирование опыта в соответствии с требованиями дисперсионного анализа и математическая интерпретация результатов — неперенные условия успешного получения ответов на вопросы, интересующие экспериментатора. Статистически обоснованный план эксперимента определяет и метод математического анализа результатов. Поэтому современный эксперимент нельзя правильно спланировать, не зная основ дисперсионного анализа.

При дисперсионном анализе одновременно обрабатывают данные нескольких выборок (вариантов), составляющих единый статистический комплекс, оформленный в виде специальной рабочей таблицы. Структура статистического комплекса и его последующий анализ определяются схемой и методикой эксперимента.

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части — компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию.

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок, например  $k$ -вариантов в вегетационном опыте, то общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов  $S_y$ , расчленяется на два компонента: варьирование между выборками (вариантами)  $S_v$  и внутри выборок  $S_z$ .

Если обрабатывают однофакторные сопряженные статистические комплексы, когда выборки (варианты) связаны каким-то общим контролируемым условием, например наличием  $n$  организованных повторений в полевом опыте, общая сумма квад-

ратов разлагается на три части: варьирование повторений  $S_{Pj}$ , вариантов  $S_v$  и случайное  $S_z$ . В подобных случаях общая изменчивость и общее число степеней свободы могут быть представлены выражениями:

$$S_y = S_{Pj} + S_v + S_z$$

Суммы квадратов отклонений по данным полевого опыта — статистического комплекса с  $k$ -вариантами и  $n$ -повторениями — находят обычно в такой последовательности. В исходной таблице определяют суммы по повторениям  $P$ , вариантам  $V_j$  и общую\* сумму всех наблюдений  $2X$ . Затем вычисляют:

1) общее число наблюдений  $N = tn$ ;

2) корректирующий фактор (поправку)  $C = (2X)^2 : N$ ;

общую сумму квадратов  $S_y = 2X^2 - C$ ;

сумму квадратов для повторений  $S_p = 1, P^2 : t - C$ ;

сумму квадратов для вариантов  $S_v = HV^2 : n - C$ ;

сумму квадратов для ошибки (остаток)  $S_z = S_y - S_p - S_v$

Две последние суммы квадратов  $S_v$  и  $S_z$  делят на соответствующие им степени свободы, т. е. приводят к сравнимому виду — одной степени свободы вариации.

Эти средние квадраты и используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов. Оценка проводится путем сравнения дисперсии вариантов  $s_V$  с дисперсией ошибки  $s^2$  по критерию  $F = s_V^2 / s^2$ . Таким образом, за базу— единицу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, которая определяет случайную ошибку эксперимента.

Дисперсионный анализ быстро вошел в употребление при -обработке экспериментальных данных благодаря следующим основным преимуществам его перед методом попарных сравнений по критерию Стьюдента:

вместо индивидуальных ошибок, средних по каждому варианту, в дисперсионном анализе используется обобщенная ошибка средних, которая опирается на большее число наблюдений и, следовательно, является более надежной базой для оценок;

методом дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов;

дисперсионный анализ позволяет избежать громоздких вычислений при большом числе вариантов в опыте и позволяет компактно в виде существенных разностей представить итоги статистической обработки.

Современная теория планирования эксперимента и статистический анализ базируются на принципах рендомизации. Теория требует, чтобы все наблюдения были независимы. В этом случае дисперсионный анализ дает правильную, несмещенную оценку ошибки эксперимента. Следовательно, если опыт не рендомизирован, то экспериментатор может получить смещенную оценку ошибки опыта, и обычно используемые в дисперсионном анализе критерии значимости теряют законную силу и не могут использоваться в качестве аргументов строго статистического доказательства эффектов вариантов.

Дисперсионный анализ невозможен для простых вегетационных или полевых опытов, проведенных без повторностей. Минимум повторностей — две, однако в этом случае, особенно в полевых опытах, получаются большие ошибки и статистически

не доказываются даже значительные эффекты вариантов. Поэтому однофакторные опыты проводят обычно в 4—6-кратной повторности.

## 10.2. Дисперсионный анализ данных однофакторных опытов. F-критерии.

В однофакторном вегетационном опыте общее варьирование результативного признака разлагается на два компонента — варьирование вариантов и случайное варьирование:  $C_y = C_v + C_z$ .

Статистический анализ данных проводят в три этапа. 1. Составляют расчетную таблицу, располагая в ней исходные данные по рядам и столбцам, определяют суммы и средние по вариантам общую сумму и среднее значение результативного признака.

Вычисляют суммы квадратов Отклонений по формулам таблицы 27 и определяют фактическое значение критерия  $F_{ф}$ .

Определяют ошибку опыта и существенность частных различий.

Для уяснения логики дисперсионного анализа воспользуемся искусственно построенной моделью однофакторного вегетационного опыта, в котором сравниваются два варианта ( $k=2$ ). Каждый из вариантов изучается в четырех сосудах ( $n=4$ ). Общее число наблюдений в опыте  $N = k \times n = 2 \times 4 = 8$ . Рендомизация неконтролируемых условий и независимость вариантов (выборок) в вегетационных опытах обеспечивается периодическим перемещением сосудов на вагонетках.

В этом эксперименте возможна лишь одна группировка исходных дат— по вариантам. Находим суммы и средние по вариантам, общую сумму и общую среднюю по опыту.

Варьирование урожаев, т. е. отклонение их от общей средней ( $X-\bar{x}$ ), обусловлено здесь двумя компонентами — эффектами вариантов и случайным варьированием. Других источников вариации урожаев в однофакторном вегетационном опыте нет. Следовательно, общее варьирование  $S_y$ , которое измеряется суммой квадратов отклонений урожаев от общей средней  $2(X-\bar{x})^2$ , состоит из варьирования вариантов  $S_v$  и случайного  $S_z$ . Модель дисперсионного анализа данных этого опыта:  $S_y = S_v + S_z$ .

Существенность различий в степени вариации признаков оценивают при помощи критерия  $F$ .

Если  $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ , то между сравниваемыми дисперсиями имеются существенные различия, когда  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$  — различия несущественны и нулевая гипотеза о равенстве сравниваемых дисперсий не отвергается. Так как числителем всегда берется большая дисперсия, то критерий  $F$  равен единице или больше ее. Теоретическое значение критерия  $F$  для принятого в исследовании уровня значимости находят по таблицам 2—3 приложений с учетом числа степеней свободы сравниваемых дисперсий.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. С какой целью проводится дисперсионный анализ?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

##### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). -5 изд. / Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.- 351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

##### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru) - электронный определитель травянистых и древесных растений

## Лекция 11 ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

### 11.1 Дисперсионный анализ данных многофакторных опытов

Статистическую обработку данных проводят в такой последовательности:

1) исходные даты заносят в таблицу урожая, определяют суммы и средние; вычисляют суммы квадратов для общего варьирования  $S_y$ , варьирования повторений  $S_p$ , вариантов  $S_u$  и остатка  $S_z$ , т. е. обрабатывают данные так же, как и результаты однофакторного опыта;

общее варьирование вариантов  $S_V$  разлагают на компоненты— главные эффекты изучаемых факторов и их взаимодействия;

составляют таблицу дисперсионного анализа и проверяют нулевую гипотезу о существенности действия и взаимодействия факторов по F-критерию.

Многофакторный дисперсионный комплекс — это совокупность исходных наблюдений (дат), позволяющих статистически оценить действие и взаимодействие нескольких изучаемых факторов на изменчивость результативного признака. Эффект взаимодействия составляет ту часть общего варьирования, которая вызвана различным действием одного фактора при разных градациях другого. Специфическое действие сочетаний в ПФЭ выявляется тогда, когда при одной градации первого фактора второй действует слабо или угнетающе, а при другой градации он проявляется сильнее стимулирует развитие результативного признака.

В полевом эксперименте часто эффект от совместного применения изучаемых факторов больше (синергизм) или меньше (антагонизм) суммы эффектов от отдельного применения каждого из них. Следовательно, существует взаимодействие факторов: в первом случае положительное, а во втором — отрицательное. Когда факторы не взаимодействуют, прибавка от совместного применения их равна сумме прибавок от отдельного воздействия (аддитивизм).

### 11.2 Оценка частных различий. Статистическая обработка данных учетов и наблюдений

Многие количественные показатели, характеризующие растения и почву, подчиняются закону нормального распределения, и их статистическую обработку проводят по схеме дисперсионного анализа с учетом структуры эксперимента.

Однако результаты подсчета таких переменных, как количество вредителей или сорняков на учетной площадке, оценка состояния посевов в баллах, дегустационная оценка качества продукции, часто не подчиняются нормальному закону, и исходные даты необходимо преобразовать. Наиболее подходяще для таких случаев преобразование  $X = iX$  «ли  $X=VI+X$ , если некоторые наблюдения дают нулевые или очень небольшие значения варьирующей переменной. Обработку преобразованных дат ведут методом дисперсионного анализа. После оценки существенности' частных различий делают обратный переход к исходному показателю.

Если наблюдаемую величину выражают в относительных числах (в процентах или долях), исходные даты преобразуют через угол, синус которого является квадратным корнем из доли или процента:  $X_i = \text{угол-арксинус}$  процент. Учет размаха виутриделяночиой изменчивости и варьирования параллельных анализов смешанного растительного или почвенного образца увеличивает объем вычислительных операций и не приводит к заметному изменению критерия существенности. Поэтому учет этого варьирования имеет смысл лишь в специальных методических исследованиях.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается проведение дисперсионного анализа данных многофакторного опыта?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). -5 изд. / Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.- 351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 12

# КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

### 12.1. Линейная корреляция

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными функциональными связями, когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины. Здесь чаще встречаются такие соотношения между переменными, когда каждому значению признака  $X$  соответствует не одно, а множество возможных значений признака  $Y$ , т. е. их распределение. Такие связи, обнаруживаемые лишь при массовом изучении признаков, в отличие от функциональных называются стохастическими (вероятностными) или корреляционными.

При изучении корреляционных связей возникают два основных вопроса — о тесноте связи и о форме связи. Для измерения тесноты и формы связи используют специальные статистические методы, называемые корреляцией и регрессией.

По форме корреляция может быть линейной и криволинейной, по направлению прямой и обратной. Корреляцию и регрессию называют простой, если исследуется связь между двумя признаками, и множественной, когда изучается зависимость между тремя и более признаками.

Связь между функцией и аргументом выражается уравнением регрессии или корреляционным уравнением. При простой регрессии уравнение кратко обозначается  $Y = f(x)$  и при множественной  $Y = f(X, Z, V \dots)$ . Если 'степень' связи между признаками велика, то по уравнению регрессии можно предсказать значение результативного признака для определенных значений факториальных признаков. Для оценки тесноты (силы) связи используют коэффициенты корреляции и корреляционное отношение.

*Под линейной (прямолинейной) корреляционной зависимостью между двумя признаками  $X$  и  $Y$  понимают такую зависимость, которая носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии  $Y = a + bX$ . Это уравнение называется уравнением регрессии  $Y$  на  $X$ , а соответствующая ему прямая линия — выборочной линией регрессии  $Y$  на  $X$ . Прямая линия, показанная на рисунке 48, проходит через точку  $P$ , которая соответствует значениям средних  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  и имеет наклон, определяемый в единицах  $Y$  на одну единицу  $X$ . Здесь  $B$  — выборочный коэффициент регрессии. Рисунок 48 показывает, что линейная регрессия — это такая зависимость, когда при любом значении аргумента  $X$  одинаковые приращения его вызывают одинаковые изменения функции  $Y$ . Когда при одинаковых приращениях аргумента функция имеет неодинаковые изменения, регрессия называется криволинейной.*

Линейная регрессия  $Y$  на  $X$  показывает, как изменяется в среднем величина  $Y$  при изменении величины  $X$ . Если при увеличении  $X$  величина  $Y$  в среднем увеличивается, то корреляция и регрессия называется положительной или прямой, а если с увеличением  $X$  значение  $Y$  в среднем уменьшается — отрицательной или обратной. Для анализа линейной корреляции между  $X$  и  $Y$  проводят  $n$  независимых парных наблюдений, исходом каждого из которых является пара чисел  $(X_1; Y_1), (X_2; Y_2), \dots, (X_n; Y_n)$ . По этим значениям определяют выборочные эмпирические коэффициенты корреляции и регрессии, рассчитывают уравнение регрессии, строят теоретическую линию регрессии и оценивают значимость полученных результатов.

В качестве числового показателя простой линейной корреляции, указывающего на тесноту (силу) и направление связи  $X$  с  $Y$ , используют коэффициент корреляции, обозначаемый буквой  $r$ .

Если каждой величине  $X$  соответствует только определенная величина  $Y$ , то корреляционная связь переходит в функциональную, которую можно считать частным случаем корреляционной. При полных связях, когда корреляционная связь превращается в функциональную, значение коэффициента корреляции равно для положительных, или прямых, связей  $+1,0$ , для отрицательных, или обратных, связей  $-1,0$ . Чем ближе  $r$  к  $+1$  или  $-1$ , тем теснее прямолинейная корреляционная связь; она ослабевает с приближением  $r$  к  $0$ . Когда  $r = 0$ , между  $X$  и  $Y$  нет линейной связи, но криволинейная зависимость может существовать.

Квадрат коэффициента корреляции ( $r^2$ ) называется коэффициентом детерминации и обозначается  $d_{yx}$ . Он показывает долю (%) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора. Коэффициент детерминации является более непосредственным и прямым способом выражения зависимости одной величины от другой, и в этом отношении он предпочтительнее коэффициента корреляции. В случаях, где известно, что зависимая переменная  $Y$  находится в причинной связи с независимой переменной  $X$ , значение  $r^2$  показывает ту долю элементов в вариации  $Y$ , которая определена влиянием  $X$ . Поэтому, когда употребляют, например, выражение «50% колебаний в урожае вызывается колебаниями в выпадении осадков», то здесь 50% — коэффициент детерминации.

Считается, что при  $r < 0,3$  корреляционная зависимость между признаками слабая,  $r = 0,3—0,7$  — средняя, а при  $r > 0,7$  — сильная.

Критерий существенности коэффициента корреляции рассчитывают по формуле:

$$t_r = r/s_r$$

Если  $r_{\text{факт}} > r_{\text{теор}}$ , то корреляционная связь существенна, а когда  $r_{\text{факт}} < r_{\text{теор}}$  — несущественна. Теоретическое значение критерия  $t$  находят по таблице Стьюдента, принимая 5%-ный, а при более строгом подходе, 1 %-ный уровень значимости. Число степеней свободы принимают равным  $n-2$ .

При малых выборках и значениях  $r$ , близких к единице, распределение выборочных коэффициентов корреляции заведомо отличается от нормального. Поэтому для оценки значимости коэффициента корреляции в генеральной совокупности и сравнения коэффициентов корреляции критерий  $t$  Стьюдента становится ненадежным. Чтобы обойти это затруднение, Р. Фишер предложил преобразовать  $r$  в величину  $z$ , которая распределена нормально.

## 12.2. Линейная регрессия

Коэффициент корреляции указывает на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, но не позволяет судить о том, как количественно меняется результативный признак при изменении факториального на единицу измерения, что важно в познавательных и практических целях. В подобных случаях на помощь приходит регрессионный анализ. Его основная задача — определить формулу корреляционной зависимости, т. е. уравнение прямой линии.

Уравнение линейной регрессии  $Y$  по  $X$  имеет вид:

$$Y = y - b_{yx}(X - x)$$

Коэффициент регрессии  $b_{yx}$  показывает, как изменяется  $Y$  при изменении  $X$  на единицу измерения, и выражается в единицах  $Y$ , а  $b_{yx}$  указывает регрессию  $X$  на  $Y$  и выражается в единицах  $X$ . При исследовании односторонней зависимости, например, корреляции между урожаями  $Y$  и количеством выпавших осадков  $X$  вычисляют только один коэффициент регрессии результативного признака  $Y$  на факториальный  $X$ , т. е. значение  $b_{yx}$  так, как регрессия  $X$  по  $Y$  лишена в подобных случаях логического-, смысла.

Таким образом, коэффициентом линейной регрессии называется число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем признак  $Y$  (функция) при изменении признака  $X$  (аргумента) на единицу измерения. Коэффициенты регрессии имеют знак коэффициента корреляции.

Корреляция может быть изображена графически в виде линии регрессии. Для построения графика по оси абсцисс откладывают значения признака  $X$ , по оси ординат — значения признака  $Y$  и каждое наблюдение над двумя переменными отмечают, точкой с координатами ( $X$ ,  $Y$ ). Такой график называется «точечной диаграммой» или «корреляционным полем».

Графический способ позволяет с достаточным приближением получить теоретическую линию регрессии без дополнительных вычислений. На точечной диаграмме при помощи прозрачной линейки с нанесенной чертой проводят линию на глаз так, чтобы она располагалась как можно ближе ко всем точкам и сумма расстояний этой линии от эмпирических точек была наименьшей. Этот метод дает удовлетворительные результаты в тех случаях, когда необходимо только грубо, приближенно выявить общую тенденцию.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое линейная корреляция?
2. Что такое линейная регрессия?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

##### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.- 351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

##### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 13 КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

### 13.1. Множественная корреляция и регрессия переменных величин

Корреляция называется множественной, если на величину результативного признака одновременно влияют несколько факто-риальных. Простой формой множественной связи является линейная зависимость между тремя признаками, когда один из них, например урожай, рассматривается как функция ( $Y$ ), а два другие— как аргументы ( $X$  и  $Z$ ). В качестве меры тесноты линейной связи трех признаков используют частные коэффициенты корреляции, обозначаемые  $r_{xy-z}$ ,  $r_{xz-y}$ ,  $r_{zy-x}$ , и множественные коэффициенты корреляции, обозначаемые  $JR_{x,yz}$ ,  $R_{y-xz}$ ,  $R_{z-xy}$ .

Частный коэффициент корреляции — это показатель, измеряющий степень сопряженности двух признаков.

Математическая статистика позволяет установить корреляцию между двумя признаками при постоянном значении третьего, не ставя специального эксперимента, а используя парные коэффициенты корреляции  $r_{jy}$ ,  $r_{xz}$  и  $r_{yz}$ .

Множественный коэффициент корреляции трех переменных — это показатель тесноты линейной связи между одним из признаков (буква индекса перед точкой) и совокупностью двух других признаков (буква индекса перед точкой) и совокупностью двух других признаков.

Коэффициент  $R$  не отрицателен и всегда находится в пределах от 0 до 1. При приближении  $R$  к единице степень линейной связи трех признаков увеличивается. Между коэффициентом множественной корреляции, например  $R_{y-xz}$ , и двумя коэффициентами парной корреляции  $r_{yx}$  и  $r_{yz}$  существует следующее соотношение: каждый из парных коэффициентов не может превышать по абсолютной величине  $R_{y-xz}$ .

Квадрат коэффициента множественной корреляции  $JR^2$  называется коэффициентом множественной детерминации. Он показывает долю вариации зависимой переменной под воздействием изучаемых факторов.

Установленное уравнением регрессии отношение зависимости коррелируемых признаков принято изображать графически в виде линий и поверхности регрессии.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое множественная корреляция?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

#### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.- 351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

**в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 14

### КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

#### 14.1. Криволинейная корреляция и регрессия. Выбор кривой для описания зависимостей. Сокращенные методы регрессии

Если связь между изучаемыми явлениями существенно отклоняется от линейной, что легко установить по виду корреляционной решетки или, еще лучше, по точечному графику, то коэффициент корреляции непригоден в качестве меры связи. Он может указать на отсутствие сопряженности там, где налицо сильная криволинейная зависимость. Поэтому необходим новый показатель, который правильно измерял бы степень криволинейной зависимости. Таким показателем является корреляционное отношение, обозначаемое греческой буквой  $\eta$  (эта). Оно измеряет степень корреляции при любой ее форме.

Для вычисления корреляционного отношения значения независимого признака  $X$  располагают по ранжиру в возрастающем порядке и разбивают весь ряд наблюдений на 4—7 групп с таким расчетом, чтобы в каждой группе по ряду  $X$  было не менее двух наблюдений. Затем определяют общую среднюю  $y$ , групповые средние  $y_x$  соответствующие каждой фиксированной группе  $X$ , и суммы квадратов отклонений для общего  $\sum(Y-y)^2$  и группового  $\sum(Y-y_x)^2$  варьирования признака. При большом объеме наблюдений ( $n > 30$ ) обработка материала для вычисления корреляционного отношения проводится в корреляционной таблице. Сумма квадратов отклонений групповых средних  $y_x$  от общей средней  $y$  (групповое варьирование) характеризует ту часть варьирования признака  $Y$ , которая связана с изменчивостью признака  $X$ . Сумма квадратов разностей между каждой датой и общей средней  $y$ , т. е.  $\sum f(Y-y)^2$ , характеризует общее варьирование признака  $Y$ .

Криволинейные зависимости между двумя переменными могут быть выражены в виде кривых линий регрессии и соответствующих им математических уравнений. Криволинейная регрессия— это такая зависимость, когда при одинаковых приращениях независимой переменной  $X$  зависимая переменная  $Y$  имеет неодинаковые приращения.

Эмпирические точки корреляционного поля при криволинейной корреляции располагаются около кривых различного типа — парабол, гипербол, логарифмических кривых и т. п. В общем случае все линии регрессии являются кривыми и рассматриваемая нами ранее линейная регрессия является простейшей зависимостью между двумя признаками (или с каким-нибудь третьим признаком), когда незначительные по степени криволинейности связи практически можно принять за линейные.

Статистическая разработка экспериментального материала часто приводит к построению уравнений, близких к квадратичной параболе:

$$Y = a + b_1 X + b_2 X^2 \quad (12.1)$$

При изучении корреляции трех переменных исходные данные табулируют и для нескольких фиксированных градаций аргумента  $X$  и  $Z$  определяют наиболее вероятное значение функции  $Y$ . Полученные результаты изображают графически в виде поверхности регрессии  $Y$  по  $X$  и  $Z$ , которая дает наглядное представление о форме зависимости результативного признака от совмещенного действия двух переменных.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое криволинейная корреляция и регрессия?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).-5 изд. / Б.А Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.- 351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## Лекция 15

### ДРУГИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА

#### 15.1. Ковариация

Ковариационный анализ — одновременный анализ сумм квадратов и сумм произведений отклонений двух или более переменных от их средних. Он используется при планировании и статистической обработке результатов опыта как способ уменьшения ошибки эксперимента, не поддающейся непосредственному контролю (выравниванию). Ковариационный анализ позволяет установить соотношение между вариацией зависимой переменной, например урожая  $Y$ , и вариацией, сопутствующей эксперименту переменной  $X$ , например исходным состоянием многолетних деревьев, густотой стояния растений, содержанием в почве питательных веществ и т. д. На основе соотношения проводится статистическое выравнивание условий эксперимента. Статистический контроль над сопутствующей опыту переменной при условии, что ее вариация не связана с изучаемым фактором, дает возможность получить такой конечный результат, который был бы получен при сохранении величины  $X$  на постоянном уровне. Это заметно уточняет результаты опыта, снижает его ошибку.

Ковариация может быть как положительной, так и отрицательной. В более широком смысле ковариацией называется совокупность трех статистических показателей: средних арифметических  $x$  и  $y$ , сумм квадратов отклонений  $\sum(X-x)^2$  и  $\sum(Y-y)^2$  и суммы произведений отклонений  $\sum(X-x)(Y-y)$ . Параллельное разложение этих величин по факторам варьирования и составляет суть ковариационного анализа.

Ковариационный анализ включает три основных этапа:

дисперсионный анализ ряда  $X$ ,  $Y$  и произведений  $XY$ ;

разложение остаточной дисперсии  $C_z$  по ряду  $Y$  (остаток I) на сумму квадратов отклонений, обусловленную регрессией  $Y$  по  $X$ , обозначаемую  $C_b$ , и сумму квадратов отклонений от регрессии  $C_{dy \cdot x}$  (остаток II);  $C_z$  (остаток I) =  $C_b - bC_{dy \cdot x}$  (остаток II);

приведение фактических средних по ряду  $Y$  к полной выравненности условий эксперимента по ряду сопутствующей переменной  $X$ .

Таким образом, ковариационный анализ — это распространение методов дисперсионного анализа на случай нескольких переменных, а также корреляционного и регрессионного анализов на общие схемы полевых, вегетационных и лабораторных экспериментов.

Когда между переменной  $Y$ , подлежащей изучению, и сопутствующей переменной  $X$  можно предполагать линейную связь, то целесообразно запланировать измерение величины  $X$ . Это дает возможность получить дополнительную информацию об изучаемом явлении и использовать регрессию в целях уточнения эксперимента.

В лесомелиоративных исследованиях ковариационный анализ целесообразно использовать для уточнения опыта в двух основных случаях:

если на результативный признак может оказать заметное влияние разное исходное состояние условий эксперимента — плодородие почвы, высота многолетних растений и т. п., которые могут быть измерены в начале опыта;

если на изучаемый признак в процессе эксперимента оказывают влияние не зависящие от вариантов опыта причины — выпадение растений и повреждение их болезнями, вредителями, птицами и т. д.

Подчеркнем, что правильное применение ковариационного анализа предполагает независимое от вариантов опыта распределение случайной величины  $X$ . Если

сопутствующая  $X$  имеет отношение к изучаемым вариантам, то исключение ее эффекта неправомерно, так как это ведет к исключению части эффекта варианта.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается ковариационный анализ?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *а) Основная литература*

1. Кожухар В. М. Основы научных исследований: Учебное пособие/ В. М. Кожухар. - М.: Дашков и Ко, 2010. - 109 с. ISBN: 978-5-394-00346-2
2. Новиков А.М. Методология научных исследований. Учеб. пособие/А.М. Новиков, Д.А. Новков – Саратов: Медиа, 2012. – 280 с. ISBN: 2227-8397
3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учеб. пособие – М.: Дашков и Ко, 2009. – 244 с. ISBN: 978-5-394-01800-8

##### *б) Дополнительная литература.*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). -5 изд. / Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985.- 351с.
2. Мазуркин П.М. Основы научных исследований. Учебное пособие /П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: изд-во Марийского гос. ун-та, 2006. - 412 с.

##### *в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронная библиотека СГАУ - <http://library.sgau.ru>
- Информационный портал по декоративному садоводству и ландшафтному проектированию GARDENER
  - НЕБ - <http://elibrary.ru> (подписка на журналы «Лесное хозяйство» «Цветоводство» «Почвоведение» на 2011 год)
  - <http://flowerlib.ru/books.shtml> Электронная Библиотека по цветоводству
  - [www.ecosystema.ru](http://www.ecosystema.ru)- электронный определитель травянистых и древесных растений
  - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
  - <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gmf/>
  - <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

## СОДЕРЖАНИЕ

|                |    |
|----------------|----|
| Лекция 1 ..... | 4  |
| Лекция 2.....  | 13 |
| Лекция 3.....  | 24 |
| Лекция 6.....  | 29 |
| Лекция 8.....  | 33 |
| Лекция 9.....  | 39 |
| Лекция 10..... | 41 |
| Лекция 11..... | 44 |
| Лекция 12..... | 46 |
| Лекция 13..... | 49 |
| Лекция 14..... | 51 |
| Лекция 15..... | 53 |