

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова»

# **МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕЛИОРЦИИ**

**краткий курс лекций**

Направление подготовки

**35.06.01 Сельское хозяйство**

Профиль подготовки

**Мелиорация, рекультивация и охрана земель**

Саратов 2014

УДК 51  
ББК 22В

Рецензенты:

Заведующий лабораторией «Экология агроландшафтов» доктор сельскохозяйственных наук ФГНУ «Научно-исследовательский институт Юго-Востока» *И.Ф.Медведев*

Заведующий кафедрой «Природообустройство и водопользование», доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» Ю.В. Бондаренко

**Методика научных исследования в мелиорации:** краткий курс лекций для студентов 2 курса направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство профиля подготовки Мелиорация, рекультивация и охрана земель. / Сост.: Н.А Пронько // ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 69 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методика научных исследования в мелиорации» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство профиля подготовки Мелиорация, рекультивация и охрана земель.

Краткий курс лекций содержит теоретический материал о приемах и методах научных исследований процессов в геосистемах на мелиоративных системах, о методике проведения эксперимента и способах повышения точности исследований, основных методах расположения вариантов, основах статистической и экономической обработки результатов исследований.

УДК 51  
ББК 22В

© Пронько Н.А., 2014  
© ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014

## **Введение**

Методика научных исследования в мелиорации – дисциплина о приемах и методах научных исследований процессов в геосистемах на мелиоративных системах, о методике проведения мелиоративных экспериментов и способах повышения точности исследований, основных методах расположения вариантов, основах статистической и экономической обработки результатов.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методика научных исследования в мелиорации» предназначен для студентов по направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство, профиля подготовки Мелиорация, рекультивация и охрана земель. Он нацелен на приобретение навыков проведения научных исследований почвенных, мелиоративных, продукционных и технологических процессов, происходящих при различных мелиорациях в геосистемах, выбора и применения правильной методики эксперимента, статистического анализа полученных в эксперименте результатов.

## Лекция 1

### Обоснование целей и задач мелиоративных исследований

В настоящее время под сельскохозяйственной мелиорацией в широком смысле понимают коренное или с расчетом на долгий период (десятки лет) значительное изменение природной среды с намерением ее улучшения для ведения сельского хозяйства (Н.Ф. Реймерс, 1990).

Объектами мелиорации (улучшения) являются неблагоприятные почвенные, гидрологические и климатические условия.

Целью мелиорации (улучшения) является обеспечение высоких, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Средством мелиорации (улучшения) является регулирование водного и связанных с ним воздушного, питательного и теплового режимов почв, обеспечивающее повышение их плодородия.

Регулирование водного режима почв обеспечивается системой организационно-хозяйственных и технических мероприятий, которые в узком смысле и представляет собой сельскохозяйственные мелиорации.

Различают много частных видов мелиорации. Основными из них являются орошение, осушение, обводнение (создание новых и улучшение существующих источников получения воды), борьба с эрозией почв, химическая мелиорация, фитомелиорация. Всего различают более 35 видов мелиораций.

С развитием технического прогресса, изменением экологических условий приемы улучшения условий жизни сельскохозяйственных культур постоянно совершенствуются, разрабатываются новые технические средства регулирования водного и связанных с ним воздушного, питательного и теплового режимов почв, обеспечивающее повышение их плодородия. В таких условиях для исследователя очень важно уметь выявить перспективные направления мелиоративных исследований.

#### **1.Выявление перспективных направлений мелиоративных исследований на основе работы с научной литературой и изучения передового отечественного и зарубежного опыта.**

Выявление перспективных направлений мелиоративных исследований осуществляются на основе работы с научной литературой, проведения патентного поиска и изучения передового отечественного и зарубежного опыта.

На основании анализа литературных источников и патентного поиска оценивается степень изученности вопроса. При этом выявляется: какие ученые, когда, в каких экологических условиях проводили исследования в той предметной области, в которой работает ученый. Выясняется: что ими изучено, что осталось спорным или вовсе не изученным. На основании этих результатов обосновывается направление исследований, формулируется тема и цель исследований. При этом очень важно доказать актуальность темы научно-исследовательской работы, определить суть новизны работы; показать теоретическую значимость НИР ( что в результате выполнения НИР будет привнесено в мелиоративную науку – какие законы, закономерности будут установлены, какие будут созданы модели, какие принципиально новые методы, технологии, технические средства будут созданы для улучшения регулирования водного, солевого воздушного, питательного и теплового режимов почв, обеспечивающего повышение их плодородия. Очень важно также показать какое практическое значение будут иметь результаты исследований по теме НИР – как будут улучшены почвенные режимы, как повысится продуктивность сельскохозяйственных угодий, как изме-

няется качество продукции, какая будет экономия природных и материально технических средств в мелиоративной отрасли и сельскохозяйственном производстве, как улучшатся экологические условия и т.д.

Таким образом, направление исследований и его тема связано с вопросом, решения которого в данной предметной области нет или оно спорно. Цель исследований, как правило, вытекает из правильно сформулированной темы исследований. Целью мелиоративных исследований может быть повышение их продуктивности сельскохозяйственных угодий, обеспечение их стабильности, экологичности на основе определенных средств достижения этой цели. Ими могут быть решения тех или иных из поставленных на изучение научных задач.

## **2.Обоснование состава задач, решение которых необходимо для достижения цели исследований.**

В состав задач исследований следует включать только те, без решения которых невозможно достижение цели исследований.

Это очень важный этап разработки программы исследований, так как от него зависит глубина и степень достижения цели исследований.

### **Пример 1**

Тема: Восстановление плодородия деградированных орошаемых темно-каштановых почв Заволжья путем сидерации.

Цель: повышение плодородия староорошаемых темно-каштановых почв Заволжья на основе разработки фитомелиоративного приема – сидерации, обеспечивающего улучшение агрофизических свойств и предотвращение дегумификации.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- Изучение и моделирование влияния различных сидератов на физические и агрохимические свойства орошаемых темно-каштановых почв.
- Определение агроэкологомелиоративной эффективности совместного применения сидеральных и минеральных удобрений.
- Установление зависимости между сидеральной фитомассой, ее химическим составом, поступлением питательных элементов с зелеными и минеральными удобрениями и продуктивностью звена кормо-зернового севооборота.
- Подбор наиболее эффективных однолетних сидеральных культур для орошаемых севооборотов сухостепной зоны Поволжья.
- Определение эколого-экономической эффективности сидерации.

### **Пример 2**

Тема: Влияние мелиоративных и агротехнических приемов возделывания на продуктивность скороспелых сортов сои на орошаемых землях Саратовского Заволжья

Цель: повышение урожайности зерна сои на 15-20% и экономии оросительной воды на 20-25% на основе разработки ведущих элементов технологии возделывания скороспелых сортов сои

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- выявить новые высокопродуктивные скороспелые и ультраскороспелые сорта и сортолинии сои, в наибольшей степени соответствующие орошаемым условиям сухостепной зоны Поволжья;

- разработать рациональные способы посева и нормы высева скороспелых сортов сои;
- сортов и сортолиний сои;
- разработать ресурсосберегающие режимы орошения новых скороспелых и ультраскороспелых установить влияние инкрустации семян сои на урожайность культуры;
- изучить эффективность бактериальных удобрений на посевах скороспелых сортов сои;
- изучить влияние элементов технологии возделывания на качество зерна сои;
- определить энергетическую эффективность возделывания скороспелых сортов сои при орошении.

### **Пример 3**

Тема: Геоинформационная система ведения локального мониторинга эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель Саратовского Заволжья

Цель: сохранение природного потенциала орошаемых агроландшафтов Саратовского Заволжья на основе повышения качества управления почвенным плодородием путем разработки системы создания и ведения комплексного локального геоинформационного мониторинга поливных земель.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Выработать принципы создания и ведения локального мониторинга орошаемых агроландшафтов на основе ГИС-технологий.
- Изучить современное агроэкологическое и мелиоративное состояние орошаемых земель ЗАО «Агрофирма «Волга» Марксовского района Саратовской области, тенденции его изменений за последние 15 лет и закономерности превращений веществ в орошаемых агроландшафтах сухостепного Заволжья.
- Создать информационное обеспечение локального мониторинга орошаемых агроландшафтов на примере репрезентативного хозяйства ЗАО «АФ «Волга».
- Разработать способы применения геоинформационных технологий для оценки мелиоративного и агроэкологического состояния мелиорированных земель сухостепного Заволжья.
- Создать информационно-советующую систему для разработки экологического паспорта и определения платы за природопользование сельскохозяйственного предприятия

### **Пример 4**

Тема: Влияние изменения водного режима и химической деградации на коэффициенты влагопроводности и фазовые проницаемости орошаемых каштановых почв Заволжья

Цель: изучение влияния ухудшения мелиоративных свойств и загрязнения нефтепродуктами на влагопроводность основных подтипов почв сухостепной и полупустынной зон Поволжья

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- разработать метод расчета коэффициента влагопроводности почв;
- изучить влияние засоления, осолонцевания и перехода к гидроморфному режиму на коэффициенты влагопроводности основных подтипов почв сухостепной и полупустынной зон Поволжья;

- определить зависимости влажности и коэффициентов влагопроводности от потенциала почвенной влаги для орошаемых почв сухостепной и полупустынной зон Поволжья, необходимые для прогнозирования процессов влагосолепереноса;
- осуществить прогноз водно-солевого режима при проектировании оросительных систем (ОС) с использованием коэффициентов влагопроводности (на примере Старо-Полтавской ОС);
- разработать метод расчета фазовых проницаемостей в загрязненных нефтепродуктами почвогрунтах;
- определить фазовые проницаемости загрязненных нефтепродуктами почвогрунтов разного гранулометрического состава;
- определить экономическую эффективность использования коэффициентов влагопроводности при прогнозировании влагосолепереноса.

### **Пример 5**

Тема: Влияние длительного орошения на свойства темно-каштановых почв Заволжья и агромелиоративные приемы их улучшения

Цель: Изучение влияния длительного орошения на свойства темно-каштановых почв Заволжья и разработка способов сохранения почвенного плодородия.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

1. изучить влияние различных типов водного режима, сложившихся при длительном орошении, на агрохимические свойства сыртовых темно-каштановых почв: солевой состав, емкость катионного обмена, качественный состав гумуса;
2. изучить агрофизические свойства сыртовых темно-каштановых почв: гранулометрический и микроагрегатный состав, структуру сложения, дифференциальную пористость, удельную поверхность, гидросорбционные свойства, и их изменения под влиянием длительного орошения;
3. определить гидрофизические свойства орошаемых сыртовых темно-каштановых почв и их изменение при разных условиях почвообразования;
4. установить влияние различных систем удобрений на продуктивность зернотравопропашного севооборота, расположенного на длительно орошаемых террасовых темно-каштановых почвах;
5. установить изменение содержания и качества гумуса террасовых темно-каштановых почв под влиянием длительного орошения;
6. изучить влияние различных систем удобрений на содержание и фракционный состав гумуса длительно орошаемых террасовых темно-каштановых почв;
7. определить энергетическую и экономическую эффективность различных систем удобрений.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое мелиорация?
2. Что является объектами мелиорации?
3. Что является целью мелиорации?
4. Что является средством мелиорации?
5. На основе чего осуществляется выявление перспективных направлений мелиоративных исследований?
6. По каким показателям доказывается перспективность направления исследований на основе анализа научной литературой, результатов патентного поиска и изучения передового отечественного и зарубежного опыта.
7. Что может быть целью мелиоративных исследований?
8. Как осуществляется формирование состава задач исследований?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

### *Основная литература*

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела).– М.:ВСИЗО, 1991. –62 с.

### *Дополнительная*

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – Изд. 2-е / Под ред. Академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
3. Практикум по почвоведению / Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
4. Физические и химические методы исследования почв / Под ред. А.Д. Воронина и Д.С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 152 с.

## Лекция 2-3

### Обоснование состава сопутствующих наблюдений мелиоративных исследований

При проведении мелиоративных исследований выполняются самые разнообразные наблюдения и исследования. Их состав зависит от объектов и процессов исследования.

Объект исследования – это конкретный фрагмент реальности, где существует проблема, подвергающаяся непосредственному изучению.

Предмет исследования – наиболее существенные свойства изучаемого объекта, анализ которых особенно значим для решения задач исследования.

Предметом исследования является проблема, т.е. реальное противоречие, требующее своего разрешения. На определение предмета влияют:

Реальные свойства объекта;

Знания исследователя об этих свойствах;

Целевая установка;

Задачи исследования.

Предмет исследования всегда имеет системно-структурный характер, предполагает разноаспектный анализ свойств объекта исследования.

Для решения разных задач один и тот же объект может рассматриваться через призму разных предметов исследования (примеры).

Обосновывается минимальный состав сопутствующих наблюдений и исследований. Он должен дать возможность максимально решить поставленные на изучение задачи

#### 1. Виды наблюдений при проведении мелиоративных исследований

При проведении мелиоративных исследований выполняются следующие наблюдения и исследования:

Метеорологические наблюдения

Определение водно-физических свойств почвы (гранулометрический состав, плотность сложения почвы, плотность твердой фазы почвы, структура почвы, наименьшая влагоемкость, влажность почвы);

Определение агрохимических свойств почвы (содержание гумуса, нитрификационная способность, содержание подвижного фосфора и обменного калия и др.);

Определение содержания токсичных солей (водная вытяжка – плотный остаток,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ),

Содержание обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе;

Уровень грунтовых вод;

Химизм грунтовых вод;

Определения химического состава химикатов (удобрений, мелиорантов);

Фенологические наблюдения;

Биометрические наблюдения;

Определение наземной биомассы;

Определение корневой массы;

- Определение качества растениеводческой продукции;
- Учет урожая;
- Содержание элементов питания в почве;
- Содержание элементов питания в органах растений;
- Определение качества дождя;
- Определение равномерности распределения искусственного дождя;

## 2.ГОСТированные методики определения мелиоративных свойств почв, грунтовых и оросительных вод, химикатов, урожайности, качества урожая

Основные и сопутствующие наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами (пример в таблице).

Наблюдение, показатель	Методика (ГОСТ)
Отбор почвенных проб	ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.
Содержание гумуса	ГОСТ 26213-84. Метод мокрого сжигания по Тюрину
Нитрификационная способность	ГОСТ 26107-84. Метод Кравкова
Содержание подвижного фосфора и обменного калия	ГОСТ 26205-84 ЦИНАО. Метод Мачигина
Водная вытяжки (плотный остаток, CO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> , Cl, SO <sub>4</sub> , Ca, Mg, Na)	ГОСТ 26424-85; ГОСТ 26426-85; ГОСТ 26427-85; ГОСТ 26428-85
Содержание обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе	ГОСТ 26487-85; ГОСТ 26950-86; ГОСТ 27821-88
Гранулометрический состав	ГОСТ 12536-79. Грунты. Методика Качинского
Плотность сложения почвы	ГОСТ 12536-79. Грунты. Метод режущих колец Качинского
Плотность твердой фазы почвы	ГОСТ 27395-87 Почвы. Пикнометрический метод.
Структура почвы	ГОСТ 26212-84. Почвы. Метод Савинова.
Наименьшая влагоемкость	ГОСТ 28268-89. Почвы. Метод заливаемых площадок.
Влажность почвы	ГОСТ 20915-75, ГОСТ 28268-89. Термостатно-весовой метод.
Метеорологические наблюдения	Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. 1. 1985 г.
Фенологические биометрические наблюдения	Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под ред. Белика, 1992
Масса корневой системы	Метод Станкова, 1961
Содержание в плодах, ботве и корнях азота	ГОСТ Р 50466-93. Фотометрический индофенольный метод.
Содержание в плодах, ботве и корнях фосфора	ГОСТ 26657-85. С использованием молибденового аммония.
Содержание в плодах, ботве и корнях калия	ГОСТ 23862.6-79. Метод пламенной фотометрии.
Учет урожая плодов	Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под ред. Белика, 1992
Качество плодов	ГОСТ 13908-68. Перец Сладкий свежий.
Экономическая эффективность	Прямым расчетом по технологическим картам с использованием действующих нормативов, расценок и цен.
Математическая обработка опыт-	«Методика полевого опыта» Доспехова, М., 1985, с

**Вопросы для самоконтроля**

1. От чего зависит состав наблюдений и исследований?
2. Что такое объект исследования?
3. Что является предметом исследования?
4. Какие наблюдения и исследования выполняются при проведении мелиоративных исследований?
5. Какие ГОСТированные методики вы знаете для определения мелиоративных свойств почв?
6. Какие ГОСТированные методики вы знаете для определения свойств, грунтовых и оросительных вод?
7. Какие ГОСТированные методики вы знаете для определения свойств химикатов?
8. Какие ГОСТированные методики вы знаете для определения урожайности, качества урожая?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:***Основная литература*

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела). – М.: ВСИЗО, 1991. – 62 с.

*Дополнительная*

3. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – Изд. 2-е / Под ред. Академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
5. Практикум по почвоведению / Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
6. Физические и химические методы исследования почв / Под ред. А.Д. Воронина и Д.С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 152 с.

## Лекция 4

### Приемы и методы научных исследований процессов на мелиоративных системах

Мелиоративная система является природно-техногенным комплексом природообустройства и представляет собой изменённую геосистему, содержащую помимо природной составляющей техногенный (созданный человеком) блок, управляющий свойствами компонентов природы и природными процессами для достижения заданной социально-экономической цели.

Познание истины в любой отрасли знаний, в том числе в мелиорации, осуществляется путем проведения научных исследований. Очень важно уметь правильно их спланировать, провести и квалифицированно оценить (проанализировать) полученные результаты. Для этого экспериментатор (ученый) должен владеть необходимым минимумом знаний основ методики научных исследований.

#### 1. Приемы научных исследований.

В связи с большой комплексностью изучаемых объектов по всем областям исследований по направлению «Природообустройство и водопользование» используются разнообразные приемы и методы исследований.

При разработке теоретических основ и новых приемов сохранения и повышения природного потенциала агроландшафтов в мелиоративных системах пользуются общепринятыми приемами научного исследования – наблюдением и экспериментом.

**Наблюдения** – это количественная или качественная регистрация интересующих исследователя сторон развития явления, констатация наличия того или иного его состояния, признака или свойства. Для наблюдений применяют самые разнообразные средства измерений вплоть до самых совершенных.

**Эксперимент, опыт** это такое изучение, при котором исследователь искусственно вызывает явления или изменяет условия так, чтобы лучше выяснить сущность явления, происхождение, причинность и взаимосвязь предметов и явлений. Опыт – ведущий прием исследования, включающий наблюдения, корреляции, строгий учет измененных условий и учет результатов. Характерная черта и главная особенность любого научного опыта – его воспроизводимость.

#### 2. Методы научных исследований

Основными методами в мелиоративной науке при изучении почвенных, мелиоративных, продукционных процессов являются: полевой, лизиметрический, вегетационный, вегетационно-полевой, лабораторный, статистический.

**Вегетационный опыт** - это метод исследования, проводимого в строго контролируемых условиях – вегетационных домиках, теплицах, оранжереях, климатических камерах, вегетационных сосудах и других сооружениях с целью установления количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на продуктивность растений и их качество. Обязательным требованием к вегетационному опыту является наличие опытного растения.

**Лизиметрический метод** – исследование динамики почвенно-мелиоративных и продукционных процессов в специальных лизиметрах, позволяющих учитывать передвижение и баланс влаги, солей, питательных веществ в естественных условиях

Лизиметрический метод отличается от вегетационного тем, что исследование жизни растений и свойств почвы проводят в поле, в специальных лизиметрах, где почва отгорожена со всех сторон (с боков и снизу) от окружающей почвы и подпочвы. Основное условие, определяющее конструкцию лизиметра, — приспособления, позволяющие изучать просачи-

вание воды и растворенных в ней веществ. Мощность слоя в лизиметре может варьировать в широких пределах — от глубины пахотного слоя до 1—2 м.

Лизиметрические опыты используют для выяснения таких вопросов, как водный баланс под различными сельскохозяйственными культурами, вымывание и перемещение солей атмосферными осадками и поливными водами, определение транспирационных коэффициентов в естественной обстановке и др.

Однако полное отделение почвы в лизиметрах от нижележащих ее слоев создает в них, несомненно, иной питательный и водно-воздушный режим, чем в обычных полевых условиях.

Лизиметрические опыты в полевых условиях с растениями занимают промежуточное положение между вегетационным и полевым экспериментами.

**Вегетационно-полевой опыт** – метод, занимающий промежуточное положение между вегетационным и полевым экспериментами. Эти опыты проводят в поле в цилиндрических или квадратных сосудах (ящиках) без дна. Почва в сосудах или ящиках отгорожена здесь только с боков (на глубину 20—50 см) и все время находится в контакте с подпочвой при естественном увлажнении и аэрации. Они могут быть использованы для решения самых разнообразных вопросов — изучения характера перемещения почвенного раствора по почвенным порам, оценки плодородия различных генетических горизонтов и слоев почвы и т. п. Такие опыты могут быть заложены как на специально выделенном участке, так и среди поля, в условиях климата той зоны, в которой развиваются растения в естественной обстановке. Кроме того, проведение вегетационно-полевых опытов не требует соответствующей материальной базы и специального оборудования, необходимых при постановке вегетационных и лизиметрических опытов.

В последние годы вегетационно-полевой метод исследования начал широко использоваться для углубленных теоретических разработок, активного моделирования перемещения влаги и солей, различных загрязнителей почвы в конкретных экологических условиях.

**Полевой опыт** - это метод исследования, проводимого в природной полевой обстановке на специально выделенном участке с целью установления количественного воздействия условий или приемов воздействия на почвенные, мелиоративные, продукционные и сукцессионные процессы, показатели почвенного плодородия, урожайность сельскохозяйственных культур и качество урожая.

Как бы ни были ценны наблюдения, результаты лабораторных, вегетационных и лизиметрических опытов, прежде чем сделать окончательные выводы из них, они должны быть проверены в условиях сравнительного полевого опыта. Все это делает полевой опыт основным, важнейшим методом исследования в мелиоративной науке.

Полевой эксперимент сопровождается многочисленными полевыми наблюдениями за почвой, породами, грунтовыми и оросительными водами, растениями, факторами внешней среды – климатическими, погодными. Они очень разнообразны и многочисленны. В зависимости от целей и задач исследования количество полевых наблюдений и учетов в общем объеме исследовательских работ может быть различным. Однако во всех случаях правильно спланированные и выполненные полевые наблюдения, учеты и анализы помогают понять ход процессов и на основании этого объяснить действие тех или иных факторов.

**Лабораторные методы.** Для выяснения закономерностей передвижения воды и растворенных в ней веществ через определенный слой почвы и пород принцип лизиметрических исследований широко применяют в лабораторных экспериментах, в которых не обязательно наличие растений.

К лабораторным относится совокупность методов определения агрофизических и агрохимических свойств почвы, пород, химического состава культурных растений и оценки качества урожая путем проведения химических, физических, физико-химических, микробиологических, биохимических и других видов анализов почвы, растений и агрохимикатов в лабораторных (и полевых) условиях. При изучении почвенных процессов проводят определение содержания в почве гумуса, его фракционного состава, нитрификационной способ-

ности, содержания валовых и подвижных форм элементов питания, определяют гранулометрический состав, плотность почвы, ее агрономически ценную и водопрочную структуру и др. При изучении мелиоративных процессов изучают содержание в почве различных ионов, обменных оснований, рН, уровень и химический состав грунтовых вод, свойства оросительной воды. При изучении погодных условий проводят наблюдения за температурой и влажностью воздуха, осадками. При изучении продукционных процессов определяют биомассу растений, массу корней, химический состав растений, площадь листовой поверхности, структуру урожая и пр. Наблюдения могут иметь самостоятельное значение, но чаще являются составной и нередко очень важной частью экспериментальных исследований. Наблюдения проводят в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами. Результаты лабораторных анализов почв пород и растений позволяют понять и объяснить сущность изучаемых явлений, сделать обоснованные выводы.

**Статистические методы.** Важнейшую роль в современной мелиоративной науке играют статистические методы планирования исследований и обработки полученных данных. Сравнительно недавно основное употребление статистики в опытном деле сводили к определению средних значений и их ошибок. В настоящее время математическая статистика является активным средством планирования эксперимента. Принципиальным ее требованием является рендомизация неконтролируемых условий исследования, а статистически обоснованный план эксперимента определяет метод математического анализа данных. Опыт показывает, что при значительной неоднородности неконтролируемых условий проведения опыта только рендомизированные планы обеспечивают объективную, статистически достоверную оценку результатов исследований. При этом важно подчеркнуть, что если действие изучаемого фактора невелико, то рендомизированный план более необходим, чем при значительном его действии.

Наряду с важной задачей планирования эксперимента современные математические методы составляют неотъемлемую часть процесса обработки и интерпретации результатов наблюдений и опытов. Они позволяют извлечь максимум информации из исходных данных, оценить, насколько существенны, реальны различия между вариантами, установить коэффициенты уравнений регрессий и т.д. Экспериментальная работа позволяет исследователю накопить факты, но сама по себе не решает проблемы. Необходимы систематизация знаний, обоснование рабочей гипотезы, которая служила бы отправным пунктом для планирования данного исследования или ее опровержения. Вся история науки с этой точки зрения есть история отбрасывания неверного в них и приближение ко все более правильному познанию действительности путем превращения гипотез в теорию. Следует отметить, что между гипотезой и теорией есть существенное различие. Гипотеза по мере развития знаний может быть отвергнута в главном. Теория по мере развития науки уточняется или ограничивается, но сохраняет свои главные положения и в той или иной мере входит в сокровищницу абсолютной истины.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Приемы научных исследований.
2. Что такое наблюдения?
3. Что такое эксперимент?
4. Методы научных исследований.
5. Полевой метод.
6. Лизиметрический метод.
7. Вегетационный метод.
8. Вегетационно-полевой метод
9. Лабораторный метод
10. Статистические методы.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

##### *Основная литература*

3. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела). – М.: ВСТИЗО, 1991. – 62 с.
5. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
6. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов. – М.: МГУ, 1998, – 87 с.

*Дополнительная*

5. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – Изд. 2-е / Под ред. Академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
7. Практикум по почвоведению / Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
8. Физические и химические методы исследования почв / Под ред. А.Д. Воронина и Д.С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 152 с.

## Лекция 5

### Виды полевых опытов и требования к ним

#### 1. Виды полевых опытов

В зависимости от количества изучаемых факторов, охвата почвенно-климатических условий, длительности и места проведения полевые опыты подразделяют на несколько видов: однофакторные и многофакторные, единичные и массовые (географические), краткосрочные, многолетние и длительные, эксперименты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

**Простой и сложный полевой опыт.** Если в опыте изучается один простой или сложный (составной) количественный фактор в нескольких градациях (режимы орошения, дозы мелиоранта, дозы удобрения и т. п.) или сравнивается действие ряда качественных факторов (разные культуры, сорта, способы обработки, предшественники и т. п.), то такой эксперимент называют **простым, или однофакторным**.

Опыты, в которых одновременно изучается действие и устанавливается характер и величина взаимодействия двух и более факторов, называют **многофакторными**. Взаимодействие факторов — это дополнительная прибавка (снижение) урожая, дополнительное улучшение (ухудшение) мелиоративных свойств почвы, которые получаются при совместном применении двух и более факторов.

По характеру различают положительное взаимодействие, когда прибавка от совместного применения факторов больше, и отрицательное, когда она меньше арифметической суммы прибавок от их раздельного применения. Например, если от полива получена прибавка урожая зерна пшеницы 1,0 т на 1 га, от удобрения — 0,5 т на 1 га, а от совместного применения полива и удобрения—2,5 т на 1 га, то дополнительный положительный эффект равен  $2,5 - (1,0 + 0,5) = 1,0$  т на 1 га. Другой пример: от NPK получена прибавка урожая картофеля 12,0 т на 1 га, от навоза—11,0 т на 1 га, а от совместного применения NPK и навоза—18,0 т на 1 га. Эффект взаимодействия равен  $18,0 - (12,0 + 11,0) = -5,0$  т на 1 га. Это отрицательное взаимодействие, которое наблюдается при определенных сочетаниях факторов, действующих, как правило, в одном направлении. Факторы действуют независимо, то есть не взаимодействуют, когда прибавка от совместного их применения примерно равна арифметической сумме прибавок от их раздельного применения.

Установить величину и характер взаимодействия позволяют только те многофакторные опыты, которые спланированы по схеме полного факториального эксперимента (ПФЭ), которая предусматривает наличие всех возможных сочетаний изучаемых факторов и их градаций. Поэтому не всякий опыт, включающий несколько факторов, можно назвать многофакторным.

Многофакторный эксперимент по полной факториальной схеме, в котором изучается два фактора в двух градациях ( $2 \times 2 = 4$ ), например, глубокая обработка почвы и удобрение, должен иметь четыре варианта:

Обычная обработка без удобрений (контроль).

Глубокая обработка без удобрений.

Обычная обработка+удобрение.

Глубокая обработка+удобрение.

Исключение из этого опыта любого второстепенного, по мнению исследователя, варианта схема становится неполной, нефакториальной. Такой эксперимент будет равноценен простому однофакторному опыту, он не может выявить величину и характер взаимодействия изучаемых факторов. Таким образом, принципиальной особенностью многофакторных экспериментов является постановка их по полным факториальным схемам.

**Единичные и массовые полевые опыты.** Опыты называют **единичными**, если их закладывают в отдельных пунктах, независимых друг от друга, по различным схемам. Если

полевые опыты одинакового содержания проводят одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях, в масштабе страны, области или района, то их называют **массовыми** или географическими.

**Краткосрочные, многолетние и длительные полевые опыты.** По длительности проведения полевые опыты разделяют на краткосрочные, многолетние и длительные.

К **краткосрочным** относят опыты продолжительностью от 3 до 10 лет. Они могут быть нестационарными и стационарными. Нестационарные закладывают ежегодно по неизменной схеме с одной и той же культурой на новых участках и повторяют во времени обычно 3—4 года. Этого периода считается достаточно для учета влияния условий погоды на эффективность какого-либо приема. Стационарные закладывают на стационарных участках и проводят в течение 4—10 лет.

К **многолетним** относят однофакторные и многофакторные стационарные полевые опыты продолжительностью 10—50, к **длительным** — более 50 лет. Основная задача многолетних и длительных стационарных экспериментов — изучение действия, взаимодействия и последствий систематически осуществляемых мелиоративных и агротехнических приемов или комплексов их на плодородие почвы и качество продукции.

Многолетние и длительные опыты незаменимы при изучении физико-химических и биохимических процессов, медленно протекающих в почве и агрофитоценозах, расчетах баланса питательных веществ, учете потерь элементов питания и возможных масштабов загрязнения окружающей среды. Многолетняя повторность как бы «спрессовывает время», ведет к получению качественно новых закономерностей, которые невозможно установить в краткосрочных опытах. Результаты этих опытов нередко противоречат общепринятым представлениям, но именно эти необычные на первый взгляд данные, эти противоречия и указывают новые направления для научных поисков и разработок.

Во всех развитых странах мира многолетние и длительные полевые опыты широко используются для решения фундаментальных вопросов мелиорации, земледелия, для глубоких комплексных исследований.

**Опыты, заложенные на опытных полях, и производственные опыты.** По месту проведения подразделяют опыты, заложенные на специально организованных и приспособленных для этих целей опытных участках или опытных полях и на опыты, проведенные в производственных условиях на полях хозяйств – производственные опыты.

## 2. Требования к полевым опытам

К любому полевому опыту предъявляется ряд основных методических требований: наличие сравнимости и соблюдение принципа единственного различия; типичность опыта; точность количественных результатов опыта; достоверность.

**Наличие сравнимости и соблюдение принципа единственного различия** - одно из требований методики полевого опыта, которое следует учитывать при разработке программы и построении схемы полевого опыта. Программа и схемы должны быть составлены так, чтобы на основании **сравнения** показателей почвенного плодородия, урожаев и наблюдений за развитием растений на делянках различных вариантов можно было сделать определенный вывод, получить ответ на поставленный вопрос, имеющий практическое значение для мелиоративной отрасли.

**Соблюдение принципа единственного различия.** Одним из условий методически правильно поставленного опыта является соблюдение принципа единственного логического различия, т.е. требования, чтобы сравниваемые варианты различались одним изучаемым в опыте фактором. Другие факторы, оказывающие влияние на почвенные, мелиоративные, продукционные процессы у сравниваемых вариантов должны быть одинаковыми. Так, при изучении действий режимов орошения необходимо, чтобы обработка почвы на всех делянках опыта была одинаковой, посев проведен в один срок семенным материалом одинакового качества,

чтобы на всех делянках применялась одна и та же система ухода за растениями и т.д. Цель этого требования - обеспечить сравнимость данных, полученных в разных вариантах опыта.

**Требование типичности (репрезентативности)** опыта включает соответствие условий проведения опыта той окружающей обстановке, где предполагается использовать его результаты.

Различают типичность опыта в отношении природных, а также организационно-хозяйственных, агротехнических условий. Требование природной типичности заключается в соответствии условий проведения опыта почвенным и климатическим условиям района или хозяйства, для которого предназначаются результаты опыта.

В понятие типичности входит также пригодность фона для исследования того или иного вопроса. Неверным и нетипичным будет изучение эффективности фосфоритной муки на почве, незадолго до этого известкованной.

Большое значение имеет закладка опыта по лучшим и типичным для данной культуры предшественникам.

**Точность количественных результатов** - обязательное требование к качеству полевого опыта. Результат его всегда выражается количественно и служит объективным показателем эффективности изучаемого в опыте приема или фактора.

Наиболее существенная причина ошибок в полевом опыте - невыравненность исходного почвенного плодородия опытного участка, которая обусловлена пестротой в распределении почвенных разновидностей, влиянием рельефа и микрорельефа участка, а также неодинаковой предшествующей историей участка (обработка, удобрение, посев разных сельскохозяйственных культур).

Выбор формы и величины делянок, их расположения, а также необходимой в опыте повторности направлен главным образом на максимальное снижение ошибки, обусловленной исходной пестротой в почвенном плодородии опытного участка.

**Достоверность опыта.** Полевой опыт должен также отвечать требованиям достоверности. Достоверность и точность опыта - понятия, тесно связанные между собой, но не идентичные. Принято различать достоверность полевого опыта по существу, т.е. соответствие опыта поставленным задачам исследования. Кроме того, различают понятие достоверности, или существенности, результатов полевого опыта.

Для оценки достоверности полевого опыта по существу проводят анализ его материалов, т.е. критический разбор и проверку правильности схемы полевого опыта, данных сопутствующих наблюдений и исследований, результатов определений изучаемых показателей или процессов, определяющих почвенное плодородие, учета урожая. Проверяют соответствие методики опыта задачам исследования, тщательно анализируют методику и технику проведения полевого опыта.

Если полевой опыт проведен методически и технически доброкачественно и нет оснований для выбраковки полученных в нем данных, результаты его подвергают математической обработке для установления величины случайной ошибки и степени точности, а также достоверности, или существенности, полученных результатов. Под существенностью результатов понимают математическую (статистическую) доказанность получаемой в опыте разницы в изучаемых показателях сравниваемых между собой вариантов опыта. Статистическая обработка результатов полевого опыта позволяет определить границы возможных случайных отклонений полученных данных и установить наличие существенных различий между средними изучаемыми показателями по вариантам опыта.

### Вопросы для самоконтроля

1. Виды полевых опытов.
2. Какие опыты относятся к однофакторным
3. Что такое многофакторные опыты.
4. В чем различие между единичными и массовыми опытами.

5. Какова продолжительность краткосрочных, многолетних и длительных, экспериментов. Их назначение.
6. Опыты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

*Основная литература*

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела).– М.:ВСИЗО, 1991. –62 с.
3. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
4. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов.– М.: МГУ, 19989, – 87 с.

*Дополнительная*

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 6

### Методика проведения эксперимента. Способы повышения точности исследований.

#### 1. Методика полевого эксперимента

Под **методикой полевого опыта** подразумевается совокупность слагающих ее элементов: число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения повторностей, делянок и вариантов на территории, организацию опыта во времени.

**Схема полевого опыта** — совокупность определенного числа вариантов. Каждый из них характеризуется видоизменением того фактора, который изучается в данном опыте.

**Вариант опыта** – прием или определенная совокупность приемов воздействия на почву, растения, осуществляемая на одной делянке или на нескольких, так называемых повторных делянках. Вариант есть составная часть схемы опыта, обозначаемая тем фактором, который изучается в опыте. Один из вариантов схемы опыта, с которым сравнивают результаты, полученные в других вариантах, называется контрольным (стандартным) или контролем. Он позволяет определить степень чувствительности показателей почвенного плодородия или растений к изучаемому в опыте фактору (приему). Варианты опыта размещаются на делянках опытного участка по определенному плану.

**Опытная делянка** - элементарная составная часть опытного участка определенного размера и формы, на которой осуществляются все изучаемые приемы воздействия на почву или растения согласно какому-нибудь одному из вариантов схемы опыта.

Каждый из вариантов схемы принято размещать повторно на нескольких делянках, отсюда возникает понятие «повторность».

**Повторностью опыта в пространстве** называют число одноименных делянок каждого варианта. Часть площади опытного участка, занятую полным набором делянок всех вариантов схемы опыта, расположенных рядом друг с другом, называют **повторением** опыта.

#### 2. Способы повышения точности исследований

На точность опыта большое влияние оказывает пестрота почвенного плодородия опытного участка, рельеф, предшествующая история.

Повысить точность полевого эксперимента возможно при правильном размещении опыта на участке и подготовке участка, обеспечивающие возможное уменьшение различий в исходном плодородии сравниваемых делянок.

**Величина делянки.** Повышение точности опыта (уменьшение ошибки) с увеличением площади делянки идет не пропорционально этому увеличению, а постепенно затухая. За известным пределом увеличение площади делянки может привести к понижению точности.

Дело в том, что увеличение площади каждой делянки означает и увеличение площади, занимаемой опытом в целом. До тех пор, пока весь опыт остается в пределах однородной по почвенному плодородию площадки (одного пятна пестроты второго порядка), точность опыта с увеличением площади делянки повышается. Но как только общая площадь опыта выходит за пределы однородной площадки, точность его резко падает. Таким образом, максимальный размер делянки ограничивается необходимостью уложить весь опыт в пределах однородной площадки второго порядка.

На основе многолетней практики опытных учреждений можно рекомендовать средние размеры делянок 50 - 100 м<sup>2</sup> для растений сплошного посева и 100 - 200 м<sup>2</sup> для пропашных культур. От этих величин могут быть отклонения. В опытах с отдельной обработкой и посевом каждой делянки площадь делянки увеличивается до 300 м<sup>2</sup>, иногда и больше. В многолетних опытах рекомендуются делянки от 200 до 300 м<sup>2</sup>. В лабораторно-полевых опытах, где соблюдение типичности в производственном отношении необязательно для культур сплошного посева размер делянки может быть 20 - 25 м<sup>2</sup>.

Отсутствие специальных малогабаритных машин и орудий заставляет увеличивать деланки, что нежелательно, так как снижается качество работы. Указанные выше размеры примерные, они требуют уточнения в каждом отдельном случае.

**Форма деланки.** Точность опыта может быть также повышена в результате правильного выбора формы деланки.

Вытянутая форма деланки обеспечивает обычно большую точность опыта, так как чем длиннее деланка, тем полнее она охватывает пестроту участка. Особенно необходимы вытянутые деланки при наличии явно выраженного изменения плодородия участка в каком-либо одном направлении.

Недостаток деланок вытянутой формы, у которых соотношение длины к ширине более 10, - их большой периметр. Чем он больше, тем сильнее сказывается влияние края и соседних деланок на результаты опыта. Отсюда возникает необходимость обязательного введения защитных полос. Площадь их значительно больше на узких длинных деланках, поэтому при ограниченной площади участка и малых размерах деланок (меньше 50 м<sup>2</sup>) им следует придавать форму, близкую к квадрату, а повышения точности опыта добиваться увеличением повторности.

**Повторность.** Наиболее действенным способом повышения точности опыта является введение нескольких повторных деланок для каждого варианта схемы. Повторные деланки можно рассматривать как части одной более крупной деланки, но размещенные в различных местах опытного участка.

Наличие нескольких параллельных деланок для каждого варианта опыта не только повышает его точность, но и дает возможность количественно определить эту точность (вычислить величину ошибки). Повторность одноименных деланок нужно считать обязательной для всякого полевого опыта.

В стационарных условиях, как правило, полевые опыты не закладывают с повторностью меньше чем четырехкратная. Большинство полевых опытов при размерах деланок 50 - 100 м<sup>2</sup>, а иногда и больше ставят в четырехкратной, реже в шестикратной повторности; это дает возможность иметь точность опыта около 2 - 4%. При постановке опытов на деланках 20 - 10 м<sup>2</sup> повторность повышают до 6 - 8-кратной. Минимальная повторность двухкратная. Ее недостатком, даже когда она обеспечивает необходимую точность опыта, является риск выпадения одной деланки по случайным причинам, что ведет к выбраковке из опыта всего варианта.

**Выбор и подготовка участка.** Для выбора участка проводится изучение истории и почвенное обследование опытного участка.

При изучении **истории участка** обращается внимание на случайные факторы, которые сильно нарушают однородность его почвенного плодородия и снижают точность результатов будущего опыта. (На участке не должно быть следов земляных работ, мест вывозки и хранения навоза, бывших грунтовых дорог и т.д.). Участок должен находиться на расстоянии не менее 200 м от водоемов, 40 - 50 м от сплошного леса и отдельных построек, 25 - 30 м от отдельных деревьев и 10 м от плотных изгородей. Во избежание повреждения опыта и влияния на него дорожной пыли участок размещают на расстоянии 10 - 20 м от проезжей дороги и изолируют засеянной защитной полосой.

**Почвенное обследование** опытного участка обеспечивает возможность наилучшим образом расположить опыт в пределах одной почвенной разности или при невозможности этого, в пределах комплекса наиболее близких разностей при условии возможного однообразия этого комплекса для всех вариантов опыта.

**Подготовка участка** включает выравнивание неодинакового плодородия участка при помощи одного или нескольких сплошных по всему участку, так называемых уравнивательных посевов.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что подразумевают под методикой полевого опыта?

2. Что такое схема полевого опыта?
3. Что такое вариант опыта?
4. Что такое опытная делянка?
5. Что такое повторность опыта?
6. Что такое повторение опыта?
7. Способы повышения точности исследований.
8. Как влияет размер и форма опытной делянки на точность исследований?
9. Как влияет число повторностей на точность исследований?
10. Зачем необходимо знать историю опытного участка?
11. С помощью каких приемов достигается лучшее расположение опытного участка?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

##### *Основная литература*

5. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела).– М.: ВСТИЗО, 1991. –62 с.
7. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
8. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов.– М.: МГУ, 19989, – 87 с.

##### *Дополнительная*

2. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 7

### Методы размещения вариантов полевого опыта.

#### 1. Систематическое расположение вариантов

В полевых опытах чаще всего все повторения располагают компактно на одном участке, имея общие границы между отдельными повторениями. Такое расположение повторений носит название **сплошного**. При сплошном расположении повторения опыта могут быть размещены на участке в один, два и несколько рядов.

**Систематическое расположение вариантов** на делянках внутри повторений, при котором предусматривается возможно равномерное размещение одноименных вариантов по всему опытному участку, предполагает расположение вариантов в определенном, заранее установленном экспериментальном порядке. При однорядном размещении повторений наиболее распространено последовательное расположение вариантов, при котором установленный порядок размещения вариантов на делянках первого повторения далее в неизменном виде повторяется во всех остальных повторениях (рис. 1).

При двух- и многорядном расположении повторений на делянках варианты чаще всего размещают ступенчато; они идут в одном направлении, но в каждом следующем ряду начало схемы сдвигается на одну, две или больше делянок, а конец ее переносится в начало ряда. Такое расположение опыта иногда называют шахматным.

При многорядном расположении повторений могут быть и другие методы размещения вариантов. Однако при любых способах расположения повторений и вариантов нельзя допускать территориального сближения одноименных делянок, т.е. помещать их рядом как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Следует стремиться одноименные делянки максимально удалять друг от друга, а при многорядном расположении повторений делянки каждого ряда в вертикальных столбцах помещать однократно. При неизбежности повторного размещения делянок одного варианта в одной вертикали необходимо располагать между ними по крайней мере две делянки других вариантов.

а)

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
I				II				III			

б)

I				II			
1	2	3	4	1	2	3	4
3	4	1	2	3	4	1	2
III				IV			

в)

1	2	3	4	5	6	7	8	1
7	8	1	2	3	4	5	6	II
5	6	7	8	1	2	3	4	III
3	4	5	6	7	8	1	2	IV

Рисунок 1. Схемы систематического расположения вариантов и повторений опыте: а) однорядное последовательное, б) двухрядное, в) многорядное ступенчатое расположение. 1-8 – номера вариантов, I–IV – повторения.

При регулярном изменении плодородия почвы **недостатком** последовательного систематического размещения вариантов является вероятность накопления систематических ошибок, так как всегда возможно, что система изменения плодородия будет коррелировать с системой расположения вариантов. При этом одни варианты будут находиться внутри повторе-

ния на делянках, расположенных рядом или близко, а другие - на делянках, удаленных одна от другой, что приводит к неравноточным сравнениям вариантов друг с другом и с контролем.

При многорядном расположении повторений и ступенчатом расположении вариантов внутри повторений неравноточность сравнения вариантов сглаживается, так как систематическое изменение плодородия внутри отдельных повторений опыта не будет коррелировать с системой расположения вариантов.

## 2. Случайное или рендомизированное расположение вариантов

**Случайное или рендомизированное** (от англ. random - случайный, беспорядочный) расположение вариантов на делянках предложено Р.А. Фишером. Оно заключается в случайном (рендомизированном) размещении вариантов на делянках каждого повторения путем жребия или же по специально составленным таблицам случайных чисел. Этот способ основан на том, что все методы вариационной статистики приложимы в полной мере только к случайным явлениям, и поэтому статистическая обработка результатов опыта наиболее обоснованно применима при случайном расположении вариантов в пространстве.

При рендомизации значительно меньше возможностей корреляции между изучаемыми в опыте вариантами, что делает более равноточными их попарные сравнения. При систематическом изменении плодородия почвы рендомизация уравнивает его влияние внутри каждого повторения и тем самым предотвращает накопление систематических ошибок, превращая их в случайные.

Среди случайных методов размещения вариантов наибольшее распространение получил метод случайных блоков (повторений) и метод латинского квадрата.

**Метод случайных блоков (повторений)** - наиболее простой способ размещения вариантов. Их объединяют в несколько блоков, число делянок в каждом повторении равно числу вариантов схемы. Общее количество блоков определяется принятой в опыте повторностью. В блоке варианты по делянкам располагают в случайном порядке по жребию. В пределах каждого блока почвенные условия должны быть по возможности однородными. Форму блоков желательно иметь близкую к квадрату, чтобы улучшить сравнимость вариантов при любом размещении делянок в пространстве.

Форма делянок может быть удлиненная, укороченная и квадратная. Блоки на опытном участке располагают компактно в один, два или несколько ярусов, реже их размещают разбросанно, поодиночке или группами. Делянки внутри блоков также располагают в один, два или несколько рядов, иногда блокам придают ступенчатую форму.

Метод случайных блоков (повторений) называют также рендомизацией с одним ограничением. Он состоит в том, что в каждом блоке (повторении) должен быть полный набор вариантов схемы, и рендомизация здесь осуществляется в пределах каждого блока (повторения) а не на всем опытном участке.

Примеры рендомизированного расположения блоков (повторений) приведены на рис. 2. При постановке опытов методом случайных блоков не исключена возможность того, что по жребию одноименные варианты будут размещены рядом. В этом случае для более равномерного распределения вариантов на опытном участке допустимо введение еще одного ограничения, по которому одноименные делянки не должны примыкать к друг другу ни в горизонтальном, ни в вертикальном направлении.

4	2	1	3	1	4	3	2	4	3	1	2	3	1	2	4	2	3	4	1	4	2	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3	2	1	4	1	3	4	2	3	1	3	2
2	1	4	3	4	2	1	3	1	2	4	3

3	1	2	4	2	3	4	1
1	2	4	3	4	1	2	3

4	3	1	2	3	2	1	4
---	---	---	---	---	---	---	---

Рисунок 2 Схемы размещения вариантов методом случайных блоков (повторений)

**Метод латинского квадрата** состоит в том, что число повторений ( $n$ ) в опыте равно числу вариантов, а общее число делянок равно  $n^2$ . Варианты на плане обозначают буквами латинского алфавита. При размещении опыта методом латинского квадрата опытный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают на горизонтальные и вертикальные ряды по числу вариантов. В горизонтальном и вертикальном рядах помещают полный набор всех вариантов; это возможно только тогда, когда одноименные делянки не повторяются дважды ни в горизонтальном, ни в вертикальном ряду. Внутри этих рядов варианты на делянках расположены по жребию; здесь мы имеем рендомизацию с двумя ограничениями. В пределах латинского квадрата возможно и систематическое ступенчатое размещение вариантов на делянках. Схемы расположения опыта по методу латинского квадрата приведены на рисунке 3.

а)

A	B	C	D	E	F
B	C	D	E	F	A
C	D	E	F	A	B
D	E	F	A	B	C
E	F	A	B	C	D
F	A	B	C	D	E

б)

C	E	B	A	D	F
B	F	E	D	A	C
A	D	F	C	B	E
F	B	D	E	C	A
D	A	C	F	E	B
E	C	A	B	F	D

б

Рисунок 3 Схемы расположения вариантов методом латинского квадрата: а) систематическое, б) рендомизированное

Расположение вариантов на делянках методом латинского квадрата очень удачное, так как оно позволяет при соответствующей математической обработке результатов опыта исключить влияние изменения плодородия почвы в двух взаимно перпендикулярных направлениях и снизить ошибку опыта.

Метод латинского квадрата используется при числе вариантов от 4 до 7. В случае увеличения количества вариантов потребовалась бы очень большая повторность в опыте. Чтобы сохранить возможность путем соответствующей математической обработки вычисления влияния систематического изменения плодородия почвы в двух взаимно перпендикулярных направлениях на точность опыта, не прибегая к очень большой повторности, варианты на делянках размещают по методу латинского прямоугольника. При этом методе число вариантов должно быть кратным числу повторностей. Частное от деления даст количество полос, на которое надо разделить каждый вертикальный ряд соответствующего латинского квадрата. Например, в опыте 8 вариантов при 4-кратной повторности. Разделив 8 на 4, получим 2. Найдим, что каждый вертикальный ряд надо разбить на две полосы, и мы будем иметь полевой опыт, заложенный по методу латинского прямоугольника, по схеме 1x4x2 (рис. 4).

8	5	1	3	6	4	2	7
6	3	7	4	5	2	8	1
1	4	6	2	8	7	5	3
2	7	8	5	1	3	4	6

Рисунок 4. Схемы расположения вариантов методом латинского прямоугольника по схеме 4x4x2

В этой схеме первая цифра означает принятую в опыте повторность, произведение двух последних цифр - количество изучаемых вариантов, а всех трех цифр:  $4 \times 4 \times 2 = 32$ - число делянок в опыте. Существуют и другие методы расположения вариантов с использованием рендомизации.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем суть систематического расположения вариантов?
2. Каковы недостатки систематического расположения вариантов?
3. Что такое случайное (рендомизированное) размещение вариантов?
4. Назовите основные методы рендомизированного размещения вариантов.
5. Метод случайных блоков (повторений).
6. Приведите примеры применения метода случайных повторений.
7. Метод латинского квадрата.
8. Метод латинского прямоугольника.
9. Приведите примеры применения метода латинского квадрата.
10. Приведите примеры применения метода латинского прямоугольника.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

##### *Основная литература*

7. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела).– М.:ВСИЗО, 1991. –62 с.
9. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
10. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов.– М.: МГУ, 19989, – 87 с.

##### *Дополнительная*

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 8

### Основы статистической обработки результатов исследований.

#### 1. Математическая статистика и эксперимент

Математическая статистика — это один из разделов математики. Она позволяет делать умозаключения о всей (генеральной) совокупности на основе наблюдений над выборочной совокупностью, или выборкой.

Все статистические методы основаны на теории вероятностей – науке, изучающей общие закономерности в массовых **случайных** явлениях различной природы, и применяются везде, где приходится иметь дело с планированием экспериментов и обследований, с оценкой параметров и проверкой гипотез, с принятием решений при изучении сложных систем.

Слово «случайный» употребляется здесь для обозначения явления, исход которого в настоящий момент нельзя точно предсказать. Так, результаты опытов всегда подвержены тем или иным посторонним влияниям, помимо изучаемых. В результате любой опыт содержит некоторый элемент случайности, который измеряется величиной экспериментальной ошибки.

Знание современных методов статистической обработки необходимо не только для количественной характеристики наблюдений и полученных в опыте данных, когда уже нельзя ничего исправить, но и на всех этапах эксперимента — от планирования до интерпретации окончательных результатов.

Нельзя, однако, преувеличивать ценность статистических методов и превращать их использование в самоцель. Сами по себе методы математической статистики, если они не сочетаются с предварительным квалифицированным анализом сущности изучаемого явления и правильной постановкой опытов, не могут ничего добавить к умению экспериментатора. Никакая статистическая обработка материалов не может заставить плохой опыт дать хорошие результаты. Главная обязанность экспериментатора — постановка добротных, целенаправленных опытов, а математическая статистика помогает исследованию в выборе оптимальных условий для проведения опыта, дает объективную, количественную оценку экспериментальным данным.

#### 2. Совокупность и выборка

**Выборочный метод.** Всякое массовое, множественное явление, например группа растений на поле, набор почвенных разностей на орошаемом массиве, представляет собой совокупность особей, случаев, фактов, предметов, т. е. некоторых условных единиц. Каждая из них в отдельности строго индивидуальна и отличается от других рядом признаков. Каждый из признаков может иметь у различных особей разную степень выраженности, поэтому говорят, что признак варьирует. Свойство условных единиц — растений, почвенных разностей, почвенных горизонтов на параллельных делянках полевого опыта и т. п. — отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях называется изменчивостью, или варьированием. Изменчивость — свойство, присущее всем предметам природы.

(Варьирующими признаками у растений являются, например, их высота, количество и масса зерен в колосе, содержание протеина и др. Варьирование возникает вследствие того, что растения одного и того же сорта всегда отличаются своей наследственностью, кроме того, формирование их часто протекает в относительно различных условиях внешней среды. В полевых и вегетационных опытах даже при самой тщательной работе урожая на параллельных делянках или в сосудах всегда получаются разные. Это колебание, изменчивость, вариация — результат влияния различного сочетания внешних условий, не всегда поддающихся учету, и определяемое часто как следствие случайных причин, вызывающих различия в изучаемых признаках. Следовательно, при любом исследовании данные опытов будут всегда варьировать в тех или иных пределах.)

Изменчивость, варьирование признаков создают известную трудность в тех случаях, когда требуется дать общую характеристику определенной варьирующей группе (совокупности) растений, почв, почвенных горизонтов и т. п. по отдельным признакам или сравнить две такие группы и найти различие между ними. Совершенно очевидно, что не всегда возможно (а практически очень редко) исследовать по тому или другому признаку все особи, всю совокупность. В этих случаях прибегают к изучению части ее, по которой делают общее заключение. Такой метод называется **выборочным** и считается основным при статистическом изучении совокупности.

**Генеральная и выборочная совокупность.** Таким образом, всю группу объектов, подлежащую изучению, называют **совокупностью или генеральной совокупностью**, а ту часть объектов, которая попала на проверку, исследование, — **выборочной совокупностью или просто выборкой**. Число элементов в генеральной совокупности и выборке называют их объемом.

Главная цель выборочного метода — по статистическим показателям малой выборки (**средней пробе**) возможно точнее охарактеризовать всю совокупность объектов, которая в статистике и называется генеральной совокупностью.

(Аналогично поступают и при постановке полевых опытов, когда редко имеют более 6—8 одноименных (повторных) делянок и по их урожаям или другим определениям, т.е. по этой малой выборке из общей площади опытного участка, пытаются получить достоверные выводы относительно всего опытного участка, относительно большего числа возможных результатов. Здесь в скрытом виде имеется практически бесконечная статистическая группа, генеральная совокупность, которая на основании данных малой выборки должна быть охарактеризована возможно более простыми статистическими показателями.)

Следовательно, **цель выборочного метода** научного исследования — при помощи сравнительно ограниченных средств, которые дают возможность изучать единичные явления, установить характерные свойства и законы для бесконечного числа возможных или встречающихся явлений.

**Вариационный ряд. Количественная и качественная изменчивость.** В результате наблюдений получают сведения о численной величине изучаемого признака у каждого члена данной выборочной совокупности. Возможные значения варьирующего признака  $X$  называют вариантами и обозначают  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Полученный таким образом ряд варьирующих величин можно упорядочить — расположить значения признака (варианты) в порядке их возрастания (или убывания). Такое упорядочение ряда, т.е. расположение вариантов порядке возрастания (или убывания), называется ранжированием его. После ранжирования нетрудно заметить, что каждое значение признака встречается неодинаковое число раз — одни редко, другие часто. Числа, которые характеризуют, сколько раз повторяется каждое значение признака у членов данной совокупности, называются частотами признака и обозначаются  $f$ . Сумма всех частот ( $\sum f$ ) равна объему выборки, т.е. числу членов ряда —  $n$ . В результате такой обработки первичных наблюдений получаем так называемый вариационный ряд.

Итак, **вариационным рядом** называется такой ряд данных, в которых указаны возможные значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им частоты.

Различают два типа изменчивости: количественную, которая может быть измерена, и качественную, которая не поддается измерению.

Под **количественной изменчивостью** понимают такую, в которой различия между вариантами выражаются, количеством, например массой, высотой, урожаем, числом зерен и т.д. Различают два вида количественной изменчивости: **прерывистую**, или дискретную, и **непрерывную**.

В первом случае различия между вариантами выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов, например число растений на квадратном метре, число зерен в колосе и т. д. Во втором случае значения вариант выражаются мерами объема, длины, массы и т.д., между которыми мыслимы любые переходы с неограниченным числом возмож-

ных значений; все зависит от степени точности, принимаемой для характеристики данного количественного признака.

**Качественной изменчивостью** называется такое варьирование, когда различия между вариантами выражаются качественными показателями, которые одни варианты имеют, а другие нет (цвет, форма изучаемого объекта и др.). Если признак принимает только два взаимоисключающих друг друга значения (больной — здоровый, остистый — безостый и пр.), то изменчивость называется альтернативной, т.е. дwoяковозможной.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое генеральная и выборочная совокупность?
2. Вариационный ряд.
3. Количественная и качественная изменчивость.
4. Перечислите статистические характеристики количественной изменчивости. Формулы их определения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

#### *Основная литература*

11. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела).– М.:ВСИЗО, 1991. –62 с.
13. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
14. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов.– М.: МГУ, 19989, – 87 с.

#### *Дополнительная*

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 9

### Статистические характеристики количественной изменчивости.

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 ( $s_{\bar{x}}\%$ ).

#### 1. Средняя арифметическая

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  $\sum X$ , а число всех вариантов через  $n$ , то формула для определения простой средней арифметической примет следующий вид:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

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:

$$\sum (X - \bar{x}) = (X_1 - \bar{x}) + (X_2 - \bar{x}) + \dots + (X_n - \bar{x}) = 0$$

Если  $\sum (X - \bar{x})$  оказалась неравной нулю, значит, допущена ошибка в вычислениях.

#### 2. Дисперсия $s^2$ и стандартное отклонение

Дисперсия  $s^2$  и стандартное отклонение  $s$  служат основными мерами вариации, рассеяния изучаемого признака.

Дисперсия представляет собой частное от деления суммы квадратов отклонений  $\sum (X - \bar{x})^2$  на число всех измерений без единицы ( $n-1$ ):

$$s^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n-1}$$

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.

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Для вычисления дисперсии  $s^2$  следует определить отклонения всех вариантов  $X$  от среднего арифметического ( $X - \bar{x}$ ), возвести каждое такое отклонение в квадрат  $(X - \bar{x})^2$  и сумму этих квадратов  $\sum (X - \bar{x})^2$  разделить на число всех измерений без единицы ( $n-1$ ). Для вычисления стандартного отклонения необходимо извлечь квадратный корень из дисперсии.

Из математической статистики известно, что при определении любых средних величин сумму всех показателей необходимо делить на число независимых друг от друга величин. В связи с этим в формулах сумма квадратов отклонений  $\sum (X - \bar{x})^2$  делят не на общее число наблюдений, а на число без единицы, так как одно любое отклонение зависимое и может быть найдено из равенства  $\sum (X - \bar{x}) = 0$ . Остальные отклонения могут свободно варьировать, принимать любые значения. **Количество свободно варьирующих величин называется числом**

**степеней свободы** или числом степеней свободы вариации. Оно обозначается  $v$  и в простейшем случае равно  $n-1$ .

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  $\sum (X - \bar{x}) = 0$ . Поэтому неизвестное нам отклонение должно свести эту сумму к нулю. Следовательно, отклонение одной любой варианты от  $\bar{x}$  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  $n-1$ .

При вычислении дисперсии и стандартного отклонения по основным формулам нередко возникают технические неудобства. Средняя арифметическая обычно получается в виде числа с дробью, поэтому центральные отклонения  $(X - \bar{x})$  и особенно квадраты их  $(X - \bar{x})^2$  получаются многозначными, что затрудняет счетную работу и ведет к ошибкам. Поэтому разработано несколько способов вычисления  $s^2$  и  $s$ , которые значительно упрощают арифметические расчеты.

**Стандартное отклонение** служит показателем, который дает представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного, единичного наблюдения, взятого из данной совокупности. В пределах одного значения ( $\pm 1$ ) 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**. Поэтому утроенное значение стандартного отклонения принято считать **предельной ошибкой отдельного наблюдения**, и, следовательно, почти все значения вариант 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.

### 3. Коэффициент вариации

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

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

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  $20\%$ .

Для характеристики степени выравненности материала иногда целесообразно использовать величину, дополняющую значение коэффициента вариации до  $100$ . Этот показатель называют коэффициентом выравненности и определяют по равенству  $B = 100 - V$ .

Коэффициенты изменчивости и выравненности, будучи отвлеченными числами, выраженными в процентах, дают возможность сравнивать варьирование признаков разной размерности.

#### 4. Ошибка выборки

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 этих 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  $n$ , т. е.

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

Ошибки выборки выражают в тех же единицах измерения, что и варьирующий признак, и приписывают к соответствующим средним со знаками  $\pm$ , т. е.  $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ .

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

$$s_{\bar{x}}\% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Относительную ошибку средней иногда обозначают буквой  $P$  и называют «точностью опыта», «точностью анализа». Следует признать крайне неудачным это укоренившееся понятие. При одних и тех же значениях выборочных средних возрастание величины  $P$  свидетельствует о том, что опыт становится менее точным, так как чем больше абсолютная ошибка эксперимента, тем выше и относительная ошибка, т. е.  $P$ . Кроме того, что указанное обстоятельство вносит в понятие «точность» элемент двойственности, величина  $P$  часто необоснованно используется для оценки качества опытной работы и браковки полевых опытов. Так, если  $P$  превышает 5%, то рекомендуется совершенствовать методику, а опыты с  $P > 7-8\%$  браковать.

Такой подход очень условен, так как значение  $P$  зависит не только от методического уровня эксперимента.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите статистические характеристики количественной изменчивости.
2. Что такое средняя арифметическая. Формула ее определения.
3. Что такое дисперсия. Формула ее определения.
4. Что такое стандартное отклонение. Формула его определения.
5. Что такое коэффициент вариации. Формула его определения.
6. Что такое ошибка выборки. Формула ее определения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

##### *Основная литература*

15. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
16. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела). – М.: ВСТИО, 1991. – 62 с.
17. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
18. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов. – М.: МГУ, 19989, – 87 с.

*Дополнительная*

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 10

### Распределения и методы проверки гипотез

Различают эмпирические и теоретические распределения частот совокупности результатов наблюдений.

#### 1. Эмпирическое распределение

Эмпирическое распределение — распределение результатов измерений, полученных при изучении выборки, например распределение растений по высоте и массе. 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 ( $t$ ,  $F$ ,  $\chi^2$ -распределение, распределение Пуассона).

#### 2. Нормальное распределение

Нормальным, или гауссовым, называют распределение вероятностей непрерывной случайной величины  $X$ , которое описывается следующей функцией:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

где  $Y$  — ордината кривой, или вероятность;  
 $\mu$  — генеральная средняя (математическое ожидание);  
 $\sigma$  — стандартное отклонение генеральной совокупности ( $n \rightarrow \infty$ ),  
 $\pi$  и  $e$  — константы ( $\pi = 3,14$ ;  $e = 2,72$ ).

Положение и форма кривой нормального распределения полностью определяются двумя параметрами: генеральной средней  $\mu$ , которая находится в центре распределения, и стандартным отклонением  $\sigma$ , которое измеряет вариацию отдельных наблюдений около средней. Максимум, или центр, нормального распределения лежит в точке  $x = \mu$ ; точки перегиба кривой находятся при  $X_1 = \mu - \sigma$  и  $X_2 = \mu + \sigma$ .

При  $X \pm \infty$  кривая достигает нулевого значения.

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

Размах колебаний от  $\mu$  вправо и влево зависит от величины  $\sigma$  и укладывается в основном в пределах трех стандартных отклонений. Продолжение кривой за пределы  $|\mu \pm 3\sigma$  практически можно заметить лишь при большом числе наблюдений, и этими значениями ординат уже можно пренебречь.

Для нормального распределения характерны следующие закономерности:

1. в области  $\mu \pm \sigma$  лежит 68,26% (почти две трети) всех наблюдений;
2. внутри пределов  $\mu \pm 2\sigma$  находится 95,46% всех значений случайной величины;
3. интервал  $\mu \pm 3\sigma$  охватывает 99,73%, следовательно, практически все значения.

Площадь под кривой, отграниченную от среднего на  $t$  стандартных отклонений, выраженную в процентах всей площади, называют **статистической надежностью**,

**или уровнем вероятности  $P$** , т. е. вероятностью появления значения признака, лежащего в области  $\mu \pm t \sigma$ . Вероятность того, что значение варьирующего признака находится вне указанных пределов, называется **уровнем значимости  $P_1$** . Он указывает вероятность отклонения от установленных пределов варьирования случайной величины  $P_1 = 1 - P$ . Следовательно, чем больше уровень вероятности, тем меньше уровень значимости, и наоборот.

В практике агрономических исследований считается возможным пользоваться вероятностями 0,95—95% и 0,99—99%, которым соответствует 0,05—5%-ный и 0,01 — 1%-ный уровни значимости. Эти вероятности получили название доверительных вероятностей, т. е. таких значений, которым можно доверять и уверенно пользоваться ими. Принимая вероятность 0,95=95%, риск сделать ошибку составляет 0,05=5% или 1 на 20. При вероятности 0,99=99% риск ошибиться равен 0,01 = 1%, или 1 на 100.

Выбор доверительной вероятности или уровня значимости для тех или иных исследований определяется практическими соображениями, ответственностью выводов и возможностями. Вероятность 0,95=95% и уровень значимости 0,05=5% обычно считаются вполне приемлемыми в большинстве исследований.

Все сказанное о нормальном распределении индивидуальных величин полностью относится и к распределению выборочных средних арифметических, а также разностей между средними арифметическими. Это еще больше подчеркивает исключительное значение нормального распределения в исследовательской работе, так как любой опыт в сущности сводится к сравнению средних величин, которые чаще всего подчиняются закону нормального распределения показаний.

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.

Нормальное распределение — наиболее часто встречающийся в практике экспериментальной работы закон распределения случайной величины, т. е. величины, значение которой нельзя точно предсказать. Главная его особенность заключается в том, что он является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения.

### 3. Распределение Стьюдента

Закон нормального распределения проявляется при  $n > 20$ —30. Однако экспериментатор часто проводит ограниченное число измерений, основывает свои выводы на малых выборках. При небольшом числе наблюдений результаты обычно близки и редко появляются большие отклонения. Это легко объяснить законом нормального распределения, согласно которому вероятность появления малых отклонений больше, чем отклонений значительных. Так, вероятность отклонений, превышающих по абсолютной величине  $\pm 2s$ , равна 0,05, или один случай на 20 измерений, а отклонений  $\pm 3s$  — 0,01, или один случай на 100.

Если же полевой опыт проводят, например, в 4—6 повторностях, то естественно ожидать, что среди показаний урожаев на параллельных делянках очень больших отклонений не будет. Поэтому стандартное отклонение  $s$ , подсчитанное по малой выборке, в большинстве случаев будет меньше, чем по всей генеральной совокупности  $\sigma$ . Следовательно, в этих случаях полагаться на критерии нормального распределения в своих выводах нельзя.

С начала XX в. в математической статистике стало разрабатываться новое направление, которое можно назвать статистикой малых выборок. Наибольшее практическое значение для экспериментальной работы имело открытое в 1908 г. английским статистиком и химиком В. Госсетом  $t$ -распределение, получившее название распределения Стьюдента (англ. студент — студент, псевдоним В. Госсета).

Распределение  $t$  Стьюдента для выборочных средних определяется равенством:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{s_{\bar{x}}}$$

Числитель формулы означает отклонение выборочной средней от средней всей совокупности  $\mu$ , а знаменатель является показателем, оценивающим стандартную ошибку средней генеральной совокупности. Таким образом, величина  $t$  измеряется отклонением выборочной средней  $\bar{x}$  от средней совокупности  $\mu$ , выраженным в долях ошибки выборки  $s_{\bar{x}}$ , принятой за единицу.

**Распределение t Стьюдента имеет важное значение при работе с малыми выборками: позволяет определить доверительный интервал, накрывающий среднюю совокупности  $\mu$ , и проверить ту или иную гипотезу относительно генеральной совокупности.** При этом нет необходимости знать параметры совокупности  $\mu$ , и  $\sigma$ , достаточно иметь их оценки  $\bar{x}$  и  $s$  для определенного объема выборки  $n$ .

#### 4. Распределение Фишера

Если из нормально распределенной совокупности взять две независимые выборки объемом  $n_1$  и  $n_2$  и подсчитать дисперсии  $s_1^2$  и  $s_2^2$  со степенями свободы  $\nu_1 = n_1 - 1$  и  $\nu_2 = n_2 - 1$ , то можно определить отношение дисперсий:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Отношение дисперсий берут таким, чтобы в числителе была большая дисперсия, и поэтому  $F \geq 1$ .

Распределение  $F$  зависит только от числа степеней свободы  $\nu_1$   $\nu_2$  (закон  $F$  - распределения открыл Р. А. Фишер). Когда две сравниваемые выборки являются случайными независимыми из общей совокупности с генеральной средней  $\mu$ , то фактическое значение  $F$  не выйдет за определенные пределы и не превысит критическое для данных  $\nu_1$  и  $\nu_2$  теоретическое значение критерия  $F$  ( $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ ). Если генеральные параметры сравниваемых групп различны, то  $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ . Теоретические значения  $F$  для 5%-ного и 1%-ного уровня значимости даны в таблице 2—3 приложений.

Кривые, полученные из функции распределения для всех возможных значений  $F$ , особенно при небольшом числе наблюдений, имеют асимметричную форму — длинный «хвост» больших значений и большую концентрацию малых величин  $F$ .

Отметим, что  $t$ - распределение Стьюдента является частным случаем  $F$  - распределения при числе степеней свободы  $\nu_1 = 1$  и  $\nu_2 = \nu$ , т. е. равно числу степеней свободы для распределения  $t$ ,

#### 5. Статистические методы проверки гипотез.

Вопрос о статистической проверке гипотез — один из основных при применении математической статистики в научных исследованиях. Статистические методы или критерии проверки гипотез — надежная основа принятия тех или иных решений при некоторой неопределенности, обусловленной случайной вариацией изучаемых явлений. Они применяются всегда, когда необходимо использовать выборочное наблюдение для суждения о законе распределения совокупности, для решения вопроса о существенности разности между выборочными средними, для установления принадлежности варианты к данной совокупности и соответствия между фактическими и теоретическими распределениями частот.

Практически проверка гипотез часто сводится к сравнению статистических характеристик, оценивающих параметры законов распределения, т. е. к проверке определенных статистических гипотез. Вообще статистической гипотезой называют научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых

**случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки.** В большинстве случаев задача сводится к проверке гипотезы об отсутствии реального различия между фактическими и теоретически ожидаемыми наблюдениями. Эту гипотезу называют нулевой гипотезой и обозначают символом  $H_0$ .

Если в результате проверки  $H_0$  различия между фактическими и гипотетическими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений, то нулевая гипотеза не опровергается, а если различия оказываются в критической для данного статистического критерия области, которые при нашей гипотезе невозможны, а потому несовместимы с ней,  $H_0$  опровергается. Принятие нулевой гипотезы означает, что данные наблюдений не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и гипотетическими (теоретическими) или между двумя рядами фактических распределений, но не доказывают отсутствия такого различия. Отбрасывание гипотезы означает, что эмпирические данные несовместимы с  $H_0$ , а верна другая, альтернативная гипотеза.

Справедливость нулевой гипотезы проверяется вычислением статистических критериев проверки для определенного уровня значимости.

Уровень значимости определяется конкретными задачами исследования; он характеризует, в какой мере мы рискуем ошибиться, отвергая нулевую гипотезу. Чем меньше уровень значимости, тем меньше вероятность отвергнуть  $H_0$ , когда она верна, или, как говорят, совершить ошибку I рода, но тем больше вероятность совершить ошибку II рода, когда не отвергают  $H_0$ , в действительности неверную. Уровень значимости не измеряет степень риска, связанный с принятием неверной гипотезы (ошибка II рода), он контролирует лишь ошибку I рода.

Для проверки статистической гипотезы  $H_0$  используют критерии двух видов: параметрические и непараметрические,

**Параметрическими** называют критерии, которые основаны на предположении, что распределение признака в совокупности подчиняется некоторому известному закону, например закону нормального распределения. К таким критериям относятся, в частности, критерии  $t$  и  $F$ , применение которых требует вычисления оценок параметров распределения.

**Непараметрическими** называют критерии, использование которых не требует предварительного вычисления оценок неизвестных параметров распределения и даже приближенного значения закона распределения признака. Они могут применяться и тогда, когда распределение сильно отклоняется от нормального. С другой стороны, непараметрические критерии менее эффективны по сравнению с параметрическими, и поэтому их целесообразно использовать только в предварительных исследованиях.

**Точечная и интервальная оценки параметров распределения.** Статистические характеристики выборочной совокупности являются приближенными оценками неизвестных параметров генеральной совокупности. Оценка может быть представлена одним числом, точкой (точечная оценка) или некоторым интервалом (интервальная оценка), в котором с определенной вероятностью может находиться искомый параметр.

Выборочная средняя  $\bar{x}$  является несмещенной и наиболее эффективной **точечной оценкой генеральной средней  $\mu$** , с ошибкой, равной  $S_{\bar{x}}$ .

**Интервальной называют оценку**, которая характеризуется двумя числами — концами интервала, покрывающего оцениваемый параметр. **Доверительным называют такой интервал**, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр. Центр такого интервала — выборочная оценка точки, а пределы, или доверительные границы, интервала определяются средней ошибкой оценки и уровнем вероятности. Таким образом, интервальная оценка является дальнейшим развитием точечной оценки, которая при малом объеме выборки неэффективна.

В общем виде доверительный интервал для генеральной средней записывается так:

$$\bar{x} \pm t S_{\bar{x}}$$

Здесь  $ts_{\bar{x}}$  - предельная ошибка выборочной средней при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости. Значение  $t$ -критерия Стьюдента для различных уровней значимости и числа степеней свободы можно взять из таблицы 1 приложений.

**Величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям, называется наименьшей существенной разностью.** Она сокращенно обозначается НСР и определяется по соотношению:

$$\text{НСР} = ts_d.$$

Если фактическая разность между выборочными средними  $d \geq \text{НСР}$ , то  $H_0$  отвергается, а если  $d < \text{НСР}$  — не отвергается.

Наименьшая существенная разность широко используется при построении доверительных интервалов и проверке статистических гипотез. Доверительный интервал для разности генеральных средних определяется по соотношению:

$$d \pm \text{НСР}.$$

Здесь  $\text{НСР} = ts_d$  — предельная ошибка разности выборочных средних при данном числе степеней свободы  $v = n_1 + n_2 - 2$  и принятом уровне значимости.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое нормальное распределение?
2. Что такое нормальное распределение?
3. Распределение Стьюдента.
4. Распределение Фишера.
5. Что такое статистическая гипотеза?
6. Какие критерии используют для проверки статистической гипотезы  $H_0$ ?
7. Какие критерии относятся к параметрическим?
8. Что такое доверительный интервал?
9. Что называется наименьшей существенной разностью?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

#### *Основная литература*

19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
20. Сурков Н.Н. Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела). – М.: ВСИЗО, 1991. – 62 с.
21. Савич В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
22. Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П. Математическая статистика для почвоведов. – М.: МГУ, 19989, – 87 с.

#### *Дополнительная*

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 11

### Дисперсионный анализ данных полевого эксперимента

#### Основы дисперсионного метода

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

$$\frac{\text{средний квадрат выборочных средних}}{\text{средний квадрат объектов}} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = F$$

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  $l$ -вариантов в вегетационном опыте, то общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов  $C_Y$ , расчленяется на два компонента: варьирование между выборками (вариантами)  $C_V$  и внутри выборок  $C_Z$ . Следовательно, в общей форме изменчивость признака может быть представлена выражением:

$$C_Y = C_V + C_Z.$$

Здесь вариация между выборками (вариантами) представляет ту часть общей дисперсии, которая обусловлена действием изучаемых факторов, а дисперсия внутри выборок характеризует случайное варьирование изучаемого признака, т. е. ошибку эксперимента.

Общее число степеней свободы ( $N-1$ ) также расчленяется на две части — степени свободы для вариантов ( $l-1$ ) и для случайного варьирования ( $N-l$ );

Если обрабатывают однофакторные сопряженные статистические комплексы, когда выборки (варианты) связаны каким-то общим контролируемым условием, например наличием  $n$  организованных повторений в полевым опыте, общая сумма квадратов разлагается на три части: варьирование повторений  $C_P$ , вариантов  $C_V$  и случайное  $C_Z$ . В подобных случаях общая изменчивость и общее число степеней свободы могут быть представлены выражениями:

$$C_Y = C_P + C_V + C_Z.$$

$$(N - 1) = (n - 1) + (l - 1) + (n - 1)(l - 1).$$

Суммы квадратов отклонений по данным полевого опыта — статистического комплекса с  $l$ -вариантами и  $n$ -повторениями — находят обычно в такой последовательности:

– В исходной таблице определяют суммы по повторениям  $P$ , вариантам  $V$  и общую сумму всех наблюдений  $\Sigma X$ .

– Затем вычисляют:

- 1) общее число наблюдений  $N=ln$ ;
- 2) корректирующий фактор (поправку)  $C = (\sum X)^2 : N$ ;
- 3) общую сумму квадратов  $C_Y = \sum X^2 - C$ ;
- 4) сумму квадратов для повторений  $C_p = \sum P^2 : l - C$ ;
- 5) сумму квадратов для вариантов  $C_v = \sum V^2 : n - C$ ;
- 6) сумму квадратов для ошибки (остаток)  $C_z = C_Y - C_p - C_v$ .

Две последние суммы квадратов  $C_v$  и  $C_z$  делят на соответствующие им степени свободы, т. е. приводят к сравниваемому виду — одной степени свободы вариации. В результате получают два средних квадрата (дисперсии):

$$\text{вариантов } s_p^2 = \frac{C_p}{\lambda - 1}$$

$$\text{и ошибки } s^2 = \frac{C_z}{(n - \lambda) \cdot (\lambda - 1)}$$

Эти средние квадраты и используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов. Оценка проводится путем сравнения дисперсии ва-

риантов  $s_v^2$  с дисперсией ошибки  $s^2$  по критерию  $F = \frac{s_v^2}{s^2}$ . Таким образом, за базу — еди-

ницу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, которая определяет случайную ошибку эксперимента. При этом проверяемой нулевой гипотезой служит предположение: все выборочные средние являются оценками одной генеральной средней, и, следовательно, различия между ними несущественны. Если  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ , то нулевая гипотеза  $H_0: d=0$  не отвергается; между всеми выборочными средними нет существенных различий, и на этом проверка заканчивается. Нулевая гипотеза отвергается, когда  $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$

В этом случае дополнительно проводят оценку существенности частных различий по НСР и определяют, между какими средними имеются значимые разности.

Теоретическое значение критерия F для принятого в исследовании уровня значимости находят по таблицам с учетом числа степеней свободы для дисперсии вариантов и случайной дисперсии. В большинстве случаев избирают 5%-ный, а при более строгом подходе 1%-ный или даже 0,1%-ный уровень значимости.

При наличии общих принципов возможны разные модели, или конкретные схемы, дисперсионного анализа, отражающие условия и методику проведения эксперимента.

### Оценка существенности разностей между средними

Критерий F устанавливает только факт наличия существенных различий между средними, но не указывает, между какими средними имеются эти различия. Поэтому, если общая оценка по критерию F устанавливает наличие вариантов, существенно отличающихся от остальных ( $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ ), и нулевая гипотеза о равенстве параметров изучаемых совокупностей отвергается, то необходимо определить, к каким вариантам относятся существенные разности. Когда  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$  и, следовательно, нулевая гипотеза не отвергается, оценку частных различий не проводят. В этом случае все разности между любыми парами находятся в пределах ошибки опыта.

В практике опытной работы используется несколько методов для оценки существенности разности между средними.

Наиболее распространенным методом является **оценка значимости разности между средними по наименьшей существенной разности** (НСР).

Если в опыте  $l$  вариантов, то можно определить  $l(l-1)/2$  разностей между средними, среди которых могут быть существенные и несущественные разности. **Критерий**

**НСР** =  $t \cdot s_d$  указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. Если фактическая разность  $d \geq \text{НСР}$ , то она существенна, значима, а если  $d < \text{НСР}$  — несущественна, незначима.

Чтобы определить **НСР**, необходимо по данным дисперсионного анализа вычислить:

$$\text{обобщенную ошибку средней } s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$\text{ошибку разности средних } s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}} \quad s_d = \sqrt{\frac{s^2 \cdot (\lambda - 1)}{\lambda \cdot n}} = s_{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda - 1}{\lambda}}$$

В опытной работе чаще всего проводят попарные сравнения средних по вариантам и вычисляют ошибку разности по приведенной выше формуле. Но иногда, например, когда в опыте нет контрольного варианта, возникает необходимость сравнить средние урожаи опытных вариантов со средним урожаем в опыте. В этом случае ошибку разности средних вычисляют по формуле:

$$s_d = \sqrt{\frac{s^2 \cdot (\lambda - 1)}{\lambda \cdot n}} = s_{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda - 1}{\lambda}}$$

Иногда приходится сравнивать группы неодинакового размера — неравномерные комплексы, в которых средние неравноточны. В этих случаях ошибку разности вычисляют по формуле:

$$s_d = \sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}} = \sqrt{s^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

где  $s^2$  — остаточный средний квадрат, который берется из таблицы дисперсионного анализа, а  $n_1, n_2$  — число повторностей в сравниваемых группах.

Если  $n_1 = n_2$ , то формула приобретает вид:

$$s_d = \sqrt{s^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}} = \sqrt{s^2 \frac{2n}{n^2}} = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$$

Подставляя значение  $s^2$  в формулу НСР, получим

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d \quad \text{НСР}_{05} \% = \frac{t_{05} \cdot s_d}{\bar{x}} \cdot 100$$

$$\text{НСР}_{01} = t_{01} \cdot s_d \quad \text{НСР}_{01} \% = \frac{t_{01} \cdot s_d}{\bar{x}} \cdot 100$$

Значение критерия  $t$  для принятого уровня значимости и числа степеней свободы остаточной дисперсии берут из таблицы 1 приложений. Индексами при НСР и  $t$  записаны показатели уровня значимости (5 и 1%-ный). Напомним, что 5%-ному уровню значимости соответствует 95%-ный уровень вероятности, 1%-ному — 99%-ный.

Разности между средними, которые больше  $\text{НСР}_{05}$ , считаются существенными с 5%-ным уровнем значимости и обозначаются одной звездочкой (\*), больше  $\text{НСР}_{01}$  — существенными с 1%-ным уровнем значимости и обозначаются двумя звездочками (\*\*).

#### Вопросы для самоконтроля

1. Для чего применяется дисперсионный анализ полевого эксперимента?
2. В чем сущность дисперсионного анализа?
3. Алгоритм проведения дисперсионного анализа.
4. Какой наиболее распространенный метод для оценки существенности разности между средними.
5. Формула определения НСР.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

### *Основная литература*

23. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
24. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела).– М.: ВСИЗО, 1991. –62 с.
25. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
26. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов.– М.: МГУ, 19989, – 87 с.

### *Дополнительная*

9. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 12-13

### Экономическая и энергетическая эффективность мелиоративных приемов

#### 1. Показатели экономической и энергетической эффективности мелиоративных приемов.

Орошаемое земледелие является наиболее затратной отраслью сельскохозяйственного производства и нуждается в особо тщательном учете затрат на возделывание сельскохозяйственных культур, с целью экономии средств на производство продукции. Особенно актуально это в настоящее время в связи с переходом на рыночные отношения в сельском хозяйстве.

Актуальной является и биоэнергетическая оценка поливного растениеводства. В процессе выращивания культурных растений наряду с использованием солнечной энергии потребляется значительное количество энергоносителей в виде семян, удобрений, средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, машин, топлива. Затраты энергии являются комплексной характеристикой любой технологической операции независимо от ценообразования и региона возделывания. В связи с исчерпаемостью мировых запасов нефти, потенциальной энергии гумуса и других природных ресурсов крайне нежелательно увеличение энергоемкости агротехнологий. В этой связи очень важным является разработка и применение наименее энергоемких приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур (Ермоленко В.П., 1988, Коринец В.Н., 1988, Морозов В.И., 1989, Немцев Н.С., 1996). Как отмечает В.М. Володин (2000) «анализ процессов в агроландшафте, сверхсложной природно-антропогенной систем, возможен только на биоэнергетической основе». При этом, необходимо учитывать, что избыточное внесение энергии наиболее пагубно сказывается в естественно энергоизбыточных и энергооптимальных регионах, где вносимая энергия оказывается физическим загрязнителем среды (Н.Ф. Реймерс, 1990).

Поэтому, если есть выбор, каждый технологический прием, применяемый при проведении агротехнической операции, сельскохозяйственная техника, используемые энергетические, материальные и иные средства при производстве продукции, предварительно должны подвергаться экономической оценке. Применяться в производстве должны наименее затратные и в то же время, приносящие наибольший экономический эффект от их использования. В связи с этим выбор должен производиться заранее, до включения в технологическую карту возделывания культуры.

Комплекс программ для расчета материальных, энергетических и трудовых затрат на выполнение технологических комплексов возделывания районированных сортов и гибридов основных кормовых, зерновых, технических и овощных культур для конкретных условий мелиорируемых участков (КП «Затраты») представляет собой группу модулей, объединенных в единой программной оболочке, снабженных контекстной помощью и средствами интерфейса. Он предназначен для решения следующих задач:

- исчисление трудовых затрат;
- исчисление материальных затрат;
- экономическая оценка технологического процесса;
- определение себестоимости произведенной продукции;
- сравнение разнообразных технологий, культур и систем сельхозпроизводства при различных уровнях антропогенных вложений по совокупным энергозатратам на 1 га и единицу продукции;
- оценка потоков антропогенной энергии и структур затрат по звеньям севооборотов, технологическим циклам и статьям расходов;

разработка экспериментально обоснованных норм допустимой антропогенной нагрузки, гарантирующих сохранение агроэкосистем от экологического загрязнения и разрушения;

определение эффективности действия совокупных затрат на различные культуры, технологии и системы сельхозпроизводства по сбору обменной энергии, позволяющей прогнозировать возможный выход продукции.

Расчет затрат и экономическая оценка технологического процесса выполняются в денежном выражении согласно методикам, составленным Громовым М.Н. (1991), Александровым С.И., Божко И.А., Горячевым В.Д. (1982), Губановым П.Е., Положием В.Н. (1975) в ценах 1984 г. с учетом коэффициентов удорожания текущего года. В этих же единицах оценивается и произведенная растениеводческая продукция по методике Кудашкина А.И. (1998) с дополнительной оценкой по качеству (питательная ценность кормов, сбалансированность белком, протеином и сахаром). В связи с тем, что нормативы кормления скота и птицы в нашей стране даются не в энергетических единицах, а в овсяных кормовых единицах, то корм оценивается и по этому показателю.

## 2. Алгоритм расчета экономических затрат

При определении экономической эффективности технологического процесса учитываются только прямые затраты, а произведенная продукция рассчитывается по рекомендуемым МСХ РФ закупочным ценам с поправкой на инфляционные и текущие изменения валютного курса путем введения соответствующих коэффициентов.

Расчет трудовых затрат ведется по технологической карте на возделывание сельскохозяйственной культуры, учитывающей все технологические операции и применяемые ресурсы.

Нормативами затрат труда и материально-денежных средств служат принятые в данной зоне или хозяйстве типовые нормы выработки на механизированные и конно-ручные работы и тарифные ставки оплаты труда, рыночные цены и утвержденные государством нормы амортизации на используемые основные средства производства, нормы расхода и рыночные цены на горюче-смазочные материалы, рыночные цены на семена первого класса, на электроэнергию, на минеральные, органические, бактериальные и другие удобрения, мелиорирующие средства, ядохимикаты.

В технологической карте указывается возделываемая культура и сорт, урожайность и валовой сбор основной и побочной продукции, предшественник, способ полива, оросительная и поливная нормы, число поливов.

Расчет затрат ведется на 100-гектарную площадь во избежание ошибок, невольно возникающих при арифметических действиях с малыми цифрами за счет их округления. Расчет экономических показателей на один гектар производится после составления технологической карты.

По каждому виду работы или технологическому процессу показывается объем работ в физических единицах измерения, состав агрегата, численность обслуживающего персонала, в том числе количество трактористов-машинистов и отдельно рабочих, выполняющих конно-ручные работы. Виды работ или отдельные технологические процессы приводятся в тех единицах измерения, в которых установлены нормы выработки.

При исчислении материальных затрат прежде всего учитывается амортизация основных средств производства, которая рассчитывается для следующих основных групп:

основные средства сельскохозяйственного назначения (тракторы, комбайны, сельхозмашины);

мелиоративные основные средства (оросительная и водосбросная сеть с сооружениями, поливные и дождевальные машины и установки, насосно-силовые установки и оборудование, мелиоративная техника);

основные средства общепроизводственного назначения (склады, дороги, линии электропередач и связи, ремонтные мастерские, транспортные средства, административные здания).

Для более точного определения размера амортизации, исчисленной по участвующим в производственном процессе средствам, она распределяется на группы:

амортизация, относящаяся на отдельные технологические процессы или виды работ;

амортизация, относящаяся непосредственно на расчетную площадь;

амортизация, относящаяся на расчетную площадь совместно с общепроизводственными и общехозяйственными расходами.

Амортизация исчисляется по каждому виду работ, предусмотренных технологической картой, по формуле:

$$A = \frac{B \cdot K}{T_{\Gamma}} \cdot T_B, \quad (19)$$

где  $A$  - сумма амортизации основного средства, отнесенная на данный вид работ (руб.);

$B$  - балансовая стоимость машины (руб.);

$K$  - коэффициент (норма) амортизации;

$T_{\Gamma}$  - годовая нагрузка рабочего времени на основное средство (в машино-сменах);

$T_B$  - количество машино-смен по данному процессу (виду работы).

Амортизация исчисляется по каждой силовой или сельскохозяйственной машине, состоящей в агрегате. Балансовая стоимость машин определяется путем умножения оптовой цены на коэффициент, увеличивающий балансовую стоимость по сравнению с оптовой ценой в связи с накладными расходами на приобретение.

Общая сумма амортизации состоит из амортизации сельскохозяйственной техники (включая поливную и дождевальную), исчисленной по технологической карте и амортизации оросительной сети и гидротехнических сооружений, отнесенной непосредственно на гектар посева.

Затраты по текущему ремонту и техническим уходам за техникой определяются по всему парку машин и орудий, а затем относятся на гектар эталонной пахоты с целью дальнейшего распределения по культурам.

В нашем случае, когда расчет ведется не на всю площадь пахотной земли конкретного хозяйства, на которой используется техника, а на 100 га, исчисления ведутся на полную годовую нагрузку каждого механизма. Через сумму годовых норм времени работ в машино-сменах или годовую загрузку в часах всех участвующих в технологическом процессе энергетических средств и сельскохозяйственных машин, определяются суммарная площадь, якобы обрабатываемой пашни в физических и эталонных гектарах и общие затраты на текущий ремонт и технические ухода, а затем на 1 га эталонной пахоты. Нормы отчислений на текущий ремонт и технические ухода берутся из соответствующих зональных справочников.

Кроме затрат по амортизации, текущему ремонту и техническим уходам основных средств, с помощью технологической карты исчисляются материальные затраты по эксплуатации тракторов, комбайнов и других сельхозмашин, а также транспортных средств, участвующих в технологическом процессе.

При определении затрат на горючее и смазочные материалы используется единый норматив расхода горючего на гектар эталонной пахоты. Определяется цена комплексного топлива (цена основного горючего, смазочных материалов и пускового бензина), для чего к цене основного горючего прибавляется стоимость смазочных материалов, принимаемая в размере 25% и пускового бензина 1% от стоимости основного горючего. По фактическому объему механизированных работ по технологической карте рассчитывается общая сумма затрат умножением объема на стоимость норматива расхода комплексного горючего на га

эталонной пахоты.

Стоимость автотранспортных работ рассчитывается по себестоимости одного тонно-километра и их объему, определяемому по технологической карте.

Электроэнергия рассчитывается по рыночным ценам и фактическому использованию. Для удобства расчета прямых материальных затрат предлагается заполнить сводную ведомость расчета прямых материальных затрат.

Исчисленные по этой ведомости прямые материальные затраты представляют собой издержки сельского хозяйства. В орошаемом земледелии к ним прибавляются издержки водного хозяйства по подаче воды сельскохозяйственным предприятиям. Они учитываются через оросительную воду, являющуюся носителем затрат водного хозяйства. Себестоимость оросительной воды на различных системах неодинакова и колеблется в больших пределах. Поэтому в расчет принимается себестоимость оросительной воды, сложившаяся на оросительной системе, обслуживающей орошаемое хозяйство.

Исчисляются издержки водного хозяйства на гектар площади по формуле:

$$I_{BX} = \frac{C_{OB} \cdot M}{\eta \cdot (1 - K_{И})} \quad (20)$$

где  $I_{BX}$  - издержки водного хозяйства (руб.);

$C_{OB}$  - себестоимость 1000 м<sup>3</sup> оросительной воды;

$M$  - оросительная норма нетто (тыс. м<sup>3</sup>);

$\eta$  - коэффициент полезного действия внутривозвращенной оросительной сети;

$K_{И}$  - коэффициент испарения в воздухе воды, выброшенной рабочими органами дождевальными машинами и установок и в процессе полива с поверхности почвы.

Общая сумма прямых денежно-материальных затрат на производство растениеводческой продукции на орошаемых землях складывается из затрат по оплате труда, материальных затрат сельского хозяйства и издержек водного хозяйства.

Экономическая оценка произведенной продукции дается по следующим показателям: стоимость валовой продукции, валовой доход, чистый доход, себестоимость 1 т продукции, норма рентабельности, окупаемость затрат.

Себестоимость единицы основной (сопряженной) продукции исчисляется путем деления общей суммы затрат на урожайность. При исчислении себестоимости вносится поправка на коэффициент использования земли (КЗИ), который для закрытых оросительных систем принимается равным 0,98, для открытых 0,90. Расчет ведется по формуле:

$$C_{ПР} = \frac{I_{OЗ}}{У \cdot КЗИ} \quad (21)$$

где  $I_{OЗ}$  - издержки (затраты) орошаемого земледелия;

$У$  - урожайность основной продукции (т/га);

$C_{ПР}$  - себестоимость продукции (руб/га).

### 3. Алгоритм расчета энергетических затрат

Агроэнергетический (биоэнергетический) метод оценки технологического процесса возделывания культуры является дополнением к традиционному экономическому методу. Он получил широкое признание в мире как универсальный способ оценки потоков антропогенной энергии в агроэкосистемах, позволяющий все разнообразие живого и овеществленного труда выразить в единых показателях в соответствии с международной системой единиц (СИ), согласно которой количество энергии измеряется в джоулях (Дж).

Расчет совокупных затрат ведется на 1 га возделываемой площади. Расход всех ресурсов, учитываемый по различным показателям, приводится к единому показателю на основе агроэнергетических эквивалентов.

Овеществленные на основе прошлого труда затраты энергии при установленном фи-

зическом их объеме переводятся в энергетические показатели по соответствующим эквивалентам. Металлоемкость машин (кг на 1 га) определяется с учетом массы всех машин, нормативной выработки в единицу времени, исходя из установленного срока службы машины и энергетического эквивалента с учетом их класса.

При расчетах используются энергетические эквиваленты живого труда, разработанные Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО).

Питательность корма определяется по сбору обменной энергии, а не валовой, наиболее четко коррелирующей с физиологически доступной для животных энергией корма.

Объем энергетических затрат исчисляется по типовым нормам выработки и расхода топлива или по нормам, принятым в конкретном хозяйстве.

Для сбора таких данных составляется вспомогательная таблица, в которой указываются источники информации и параметры, влияющие на уровень энергетических затрат, отражающие усредненные условия объекта, места внедрения разработки (группа по нормам выработки, класс длины гона, класс угла склона, удельное сопротивление плуга и т.д.).

Анализ структуры затрат совокупной энергии на возделывание с.-х. культур по временным периодам и видам работ проводится с выделением временных периодов работ:

- 1) Основная обработка почвы;
- 2) Внесение удобрений;
- 3) Предпосевная обработка почвы;
- 4) Посев;
- 5) Уход за посевами;
- 6) Полив;
- 7) Уборка.

Энергоемкость, приходящаяся на один час работы силовой машины (трактора, комбайна, самолета) определяется по зависимости

$$E_T = \frac{M_T \cdot \mathcal{E}_{TP}}{100} \cdot \left( \frac{A_T}{T_{HT}} + \frac{A_{TK} + A_{TT}}{T_{ЗТ}} \right), \quad (22)$$

- где  $M_T$  - масса силовой машины, кг;  
 $\mathcal{E}_T$  - энергетический эквивалент силовой машины, МДж/кг;  
 $A_T$  - отчисления на реновацию силовой машины, %;  
 $A_{TK}$  - отчисления на капитальный ремонт силовой машины, %;  
 $A_{TT}$  - отчисления на текущий ремонт силовой машины, %;  
 $T_{HT}$  - нормативная годовая загрузка силовой машины, ч;  
 $T_{ЗТ}$  - зональная годовая загрузка силовой машины, ч.

Энергоемкость, приходящаяся на один час работы машины или сцепки, определяется по зависимости:

$$E_M = \frac{M_M \cdot \mathcal{E}_M}{100} \cdot \left( \frac{A_M}{T_{HM}} + \frac{A_{MT}}{T_{ЗМ}} \right), \quad (23)$$

- где  $M_M$  - масса машины (сцепки), кг;  
 $\mathcal{E}_M$  - энергетический эквивалент машины (сцепки), МДж/кг;  
 $A_M$  - отчисления на реновацию машины (сцепки), %;  
 $A_{MT}$  - отчисления на текущий ремонт машины (сцепки), %;  
 $T_{HM}$  - нормативная годовая загрузка машины (сцепки), ч;  
 $T_{ЗМ}$  - зональная годовая загрузка машины (сцепки), ч.

При использовании агрегатов с электроприводом для перевода затрат электроэнергии в МДж принимается соотношение 1 квт·час = 12 МДж.

При использовании семян собственного производства затраты энергии определяются исходя из фактического расхода энергии на их выращивание и подготовку к посеву.

Также КП «Затраты» производится оценка продукции в денежном выражении через затраты совокупной энергии, так как рынок еще не воспринимает энергетические единицы измерения. Для перевода совокупных затрат на производство продукции, выраженных в

энергетических единицах, на стоимость продукции в денежном выражении используется методика А.И. Кудашкина (1998).

Коэффициенты стоимости при этом определяются по формуле:

$$P = \frac{C_{\text{Э}} \cdot K_{\text{С}}}{K_{\text{З}}}, \quad (24)$$

где  $P$  - коэффициент стоимости данной культуры по отношению к эталону;  
 $C_{\text{Э}}$  - коэффициент себестоимости эталона (принимается за единицу);  
 $K_{\text{С}}$  - коэффициент стабильности данной культуры (вычисляется как отношение среднего урожая к коэффициенту вариации);  
 $K_{\text{З}}$  - коэффициент энергетических затрат на возделывание (вычисляется как отношение затрат на данную культуру к затратам на производство эталона, в Дж/т).

В качестве эталонной культуры в программном комплексе используется ячмень.

Используя полученные коэффициенты легко вычислить себестоимость любой из культур, возделываемых в хозяйстве.

Энергетическая оценка мероприятий по повышению плодородия почв, эффективности применения удобрений всех видов и химических мелиорантов начинается с определения прямых, овеществленных и полных затрат всех видов ресурсов, потребляемых в процессе осуществления технологий, связанных с выращиванием урожаев и повышением плодородия почв.

Для сравнения технологий повышения плодородия почв (внесение удобрений, химическая мелиорация) материально-энергетические затраты берутся только по этим технологиям и относятся к массе урожая при всех других равных затратах (обработка почвы, сев, уход за растениями, уборка и т.д.). При этом оценка сводится к определению удельных затрат живого труда, металла, строительных материалов, топлива, электроэнергии и NPK в действующем веществе на тонну урожая по сравниваемым вариантам, один из которых принимается за базовый.

Энергетическая оценка природоохранных мероприятий проводится с использованием коэффициента экологической чистоты технологии, который показывает, какая доля полных технологических затрат требуется для получения чистой продукции с учетом затрат на природоохранные мероприятия:

$$K_{\text{Эч}} = \frac{E_{\text{пол}}}{E_{\text{пол}} + E_{\text{Эч}}}, \quad (25)$$

где  $E_{\text{пол}}$  - полные технологические энергозатраты на получение продукции;  
 $E_{\text{Эч}}$  - дополнительные энергозатраты на охрану окружающей среды для получения единицы продукции.

### 5.3.3. Программно-информационное обеспечение КП «Затраты»

В состав программно-информационного обеспечения программного комплекса расчета затрат на ведение орошаемого растениеводства входят банк данных и процедуры расчеты экономических и энергетических затрат. Перечень файлов комплекса приводится в таблице 20, а его структура показана на рисунке 19.

Банк данных КП «Затраты» содержит информацию о текущем состоянии части объективного мира со всеми доступными на данный момент взаимосвязями, существующими между его элементами и динамикой их изменения. В широком смысле он является частью решения задачи, т.е. включенные в него сведения отобраны направленно и так же направленно выбраны те способы их структуризации, которые обеспечивают эффективную работу с ним при решении поставленных задач. Сложность формирования банка заключается в том, что при этом осуществляется создание фундамента для решения определенного класса задач.

Перечень файлов программно-информационного обеспечения  
комплекса программ «Затраты»

№ пп	Имя файла	Назначение
1	AGREGAT DBF	Справочник машин и агрегатов
2	AMOR_OT DBF	Справочник амортизационных отчислений
3	AVTOTRAN DBF	Справочник затрат на автотранспорт
4	CENA DBF	Справочник цен на продукцию
5	ERG_AGR DBF	Справочник затрат на ремонт и технологические уходы
6	ERG_TEH DBF	Энергетические эквиваленты технических средств
7	ERG_TR_R DBF	Энергетические эквиваленты трудозатрат
8	ERG_ZAT DBF	Суммарные энергетические затраты
9	ФАКТОР DBF	Характеристика конкретного орошаемого участка
10	GSM DBF	Справочник горюче-смазочных материалов
11	HOZJAST DBF	Титульные данные конкретного участка
12	kompl BAT	Пакетный файл комплекса программ
13	KOR_BAL DBF	Данные для расчета питательной ценности кормов
14	KULT DBF	Справочник сельскохозяйственных культур
15	NAGR_AGR DBF	Оптимальные сроки выполнения агротехнических и мелиоративных мероприятий
16	NORM DBF	Справочник норм выработки
17	OR_VOD DBF	Справочник нормативных оросительных норм
18	TEH_KART DBF	Типовые технологические карты
19	TRUD_OPL DBF	Справочник по оплате труда
20	VYD_RAB DBF	Справочник агротехнических операций
21	ZAT_HIM DBF	Справочник нормативных затрат удобрений
22	KOMPLEKS EXE	Основной выполняемый модуль комплекса программ
23	HTHELP EXE	Файл контекстной помощи
24	PROSM EXE	Файл для предварительного просмотра результатов
25	TEH_KART TXT	Контрольный пример расчета
26	PIT_CEN TXT	Контрольный пример расчета питательной ценности кормов

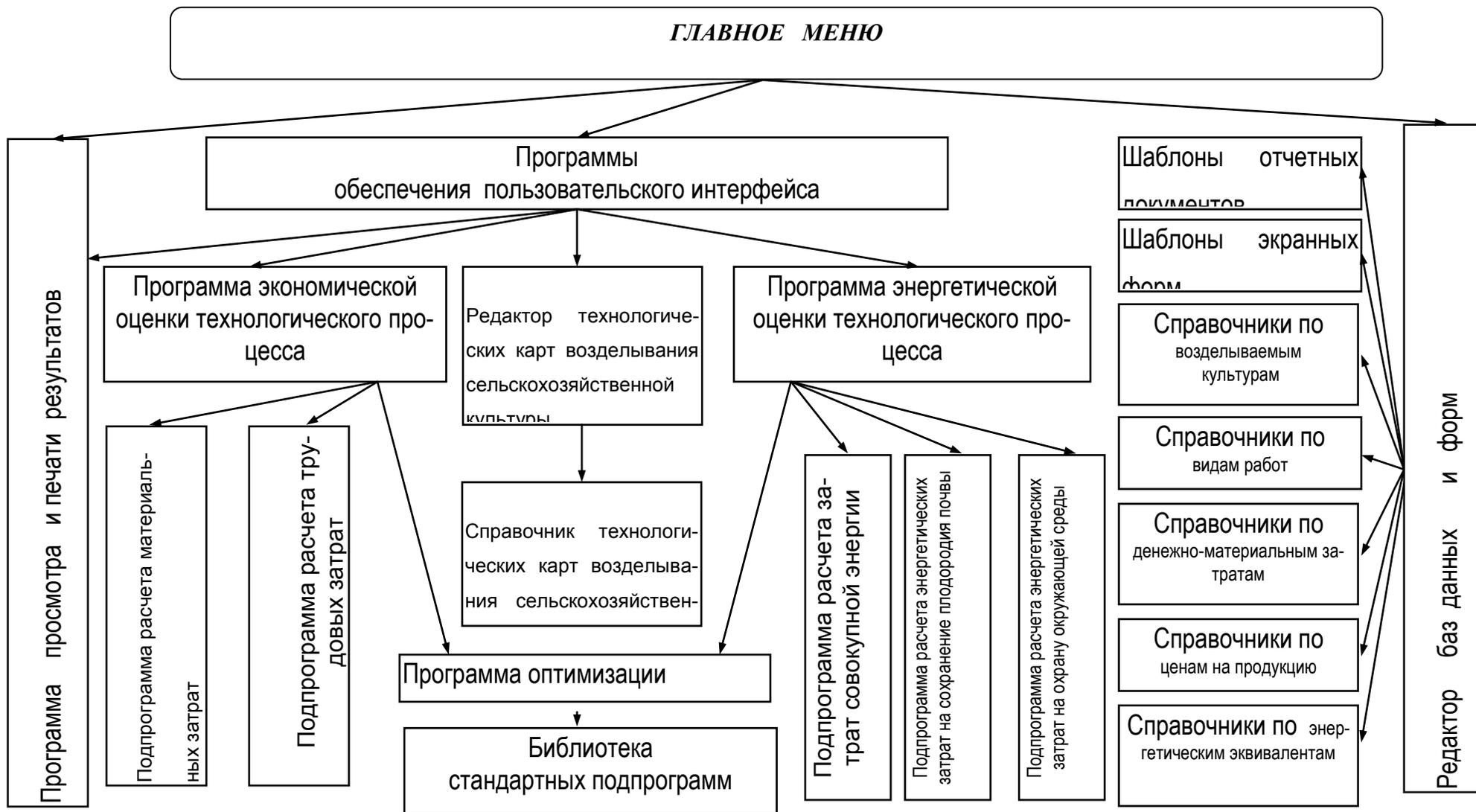


Рис. 19 . Схема комплекса программ для расчета материальных, энергетических и трудовых затрат на выполнение технологических комплексов возделывания сельскохозяйственных культур.

Представление и организация данных в банке удовлетворяют двум основным требованиям:

- обеспечение необходимой эффективности, универсальности и открытости выбранной системы представления данных;
- необходимость адекватного отображения и естественного для человека способа описания проблемной среды в БД.

В соответствии с существующей классификацией (Диго С.М., 1995), разработанный банк данных относится к структурированным реляционным видеосистемам, то есть:

- 1) информация представляется пользователю в виде "изображения" - на экране дисплея или в печатном виде на бумаге;
- 2) информация четко структурирована в виде таблиц, содержащих текст или числа;
- 3) соблюден реляционный принцип построения - данные в пределах одного столбца однородны, т.е. одного типа; столбцы однозначно поименованы; каждая строка таблицы уникальна; элемент таблицы является неделимым элементом данных; обращение к строкам и столбцам таблицы осуществляется произвольным образом.

Структура банка данных КП «Затраты» приводится на рисунке 20.

Примененная при создании банка данных концептуальная реляционная модель имеет ряд отличительных свойств: обеспечивает единообразное хранение данных; осуществляет связь между таблицами по ключевым полям; включает реляционно-полный язык манипулирования данными; обеспечивает легкость создания и ведения баз данных. По типу хранимой информации (документальная, фактографическая, лексикографическая) банк данных КП «Затраты» является фактографическим. По характеру организации данных и обращения к ним представленный БД является локальным (персональным), а по охвату предметной области БД - региональным.

## Справочники по технологическим картам возделывания сельскохозяйственных культур

Справочники по возделываемым культурам

<b>KULT</b>	<b>OR_VOD</b>
KOD_K ULT NAME_ KULT VID_PO LZ	<b>KOD_KULT</b>  UDOB KOD_KULT KOD_ID

*Справочники по видам работ*

<b>VID_RAB</b>	<b>AGREG</b>	<b>NORM</b>
KOD_RAB NAME_RAB ED_IZM KOD_MASH MASH_TRAKT <b>RAB_RUCH</b>	KOD_MASH TIP_MASH MARKA_MASH NAME_MASH BALANS_ST MASSA AMORT_REM NORM_ZAGR VYRAB_ETAL MOCH_DVIG KOEFGOT	KOD_RAB KOD_MASH NORM_VYRAB TRUD_ZATR  <b>PER_AG</b> KOD_RAB KOD_PER NAME_PER BEG_PER END_PER

Справочники по денежно-материальным затратам на производство продукции

<b>TRUD_OPL</b>	<b>ZAT_GSM</b>	<b>ZAT_AMOR</b>	<b>ZAT_REM</b>	<b>ZAT_SVOD</b>
KOD_RAB F_OPL_TAR NADB_KLASS NADB_STAG NADB_PROD OTCH_OTP OTCH_PENS OTCH_STRAH	KOD_RAB AGR_SOST RASH_GSM  <b>ZAT_HIM</b> KOD_HIM NAME_HIM CENA_HIM ERG_EQ_HIM	KOD_RAB AMOR_RAB KOEFGAMOR TIME_AGR KOL_M_SMEN AMOR_OR_S AMOR_GTS ERG_EQ_GTS  <b>ZAT_AVT</b> KOD_MASH CENA_TKM ERG_EQ_AVT	KOD_MASH ZAT_REM ERG_EQ_REM  <b>ZAT_UDOB</b> KOD_KULT KOD_UDOB NAME_UDOB CENA_UDOB ERG_EQ_UDOB	KOD_KULT KOD_RAB GSM_STOIM AMOR_SUM REM_SUM AVTO_SUM UDOBR_SUM HIM_SUM SEM_SUM ZAT_OR_SET ELECTR_EN RASH_NEPR

Справочники по ценообразованию

<b>CENA</b>	<b>KOEF_INF</b>
KOD_KULT CENA_KONTR CENA_RYN CENA_SEM	KOD_KULT DATA CENA_BAZ KOEFGOR

Справочники по энергетическим эквивалентам на трудовые и материальные ресурсы

<b>ERG_ZAT</b>	<b>ERG_TEH</b>	<b>ERG_TR_R</b>
ERG_TEH ERG_EQ_PRI ERG_EQ_MAT ERG_EQ	KOD_MASH ERG_ZAT ZAGR_G OD	KOD_PROF NAME_PROF BASER

Рис. 20 . Структурная схема банка данных комплекса программ для расчета материальных, энергетических и трудовых затрат на выполнение технологических комплексов возделывания сельскохозяйственных культур.

В состав банка данных входят:

- формализованные описания конкретных орошаемых участков, включающие как данные о типе и свойствах почв, так и возделываемых на нем культурах;
- справочник по годовой загрузке машин и агрегатов на 160 наименований техники;
- нормы амортизационных отчислений по основным фондам в процентах к балансовой стоимости на 250 наименований;
- справочник по возделываемым в регионе культурам на 38 наименований с типовыми технологическими картами к ним объемом 1500 позиций;
- перечень используемых химических удобрений с их энергетическими эквивалентами на 75 наименований;
- нормативные данные о технологических операциях с применяемыми агрегатами и машинами, а также сведениями о трудозатратах и расходе топлива на единицу работы объемом 4560 позиций.

Программное обеспечение КП «Затраты» написано на языке управления базами данных Clipper 5.2 и предназначена для эксплуатации на персональных компьютерах под управлением операционных систем MS DOS версии 3.0 и выше, PC DOS, Windows 95/98 в режиме эмуляции DOS.

Тексты исходных модулей программного комплекса расчета затрат на ведение орошаемого растениеводства и структуры файлов его банка данных приводятся в приложениях.

Комплекс программ расчета затрат на ведение орошаемого растениеводства может использоваться на различных уровнях мониторинга мелиорированных земель для анализа экологических и экономических параметров поливного земледелия. С его помощью можно оценить техногенную энергетическую нагрузку на агроландшафты в разрезе хозяйства, региона и всей России, сравнить экономические затраты на производство с прогнозируемым доходом от продукции растениеводства для хозяйства и региона, определить прибыльность или убыточность сельского хозяйства в целом.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Почему необходима оценка экономической эффективности мелиоративных приемов?
2. Почему необходима оценка энергетической эффективности мелиоративных приемов?
3. Для решения каких задач предназначен комплекс программ для расчета материальных, энергетических и трудовых затрат на выполнение технологических комплексов для конкретных условий мелиорируемых участков (КП «Затраты»)?
4. Какие методики используются для экономической оценки технологического процесса в мелиорации?
5. Опишите алгоритм расчета экономических затрат с помощью КП «Затраты».
6. Как ведется расчет трудовых затрат?
7. Что служит нормативами затрат труда и материально-денежных средств?
8. Что прежде всего учитывается при исчислении материальных затрат?
9. По какой формуле исчисляется амортизация по каждому виду работ,

предусмотренных технологической картой?

10. По какой формуле исчисляются издержки водного хозяйства на гектар площади?

11. Из чего складывается общая сумма прямых денежно-материальных затрат на производство растениеводческой продукции на орошаемых землях?

12. По какой формуле определяется себестоимость единицы основной (сопряженной) продукции?

13. Опишите алгоритм расчета энергетических затрат.

Что входит в программно-информационное обеспечение КП «Затраты»?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

##### *Основная литература*

27. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 5-е – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
28. **Сурков Н.Н.** Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела). – М.: ВСИЗО, 1991. – 62 с.
29. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
30. **Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.** Математическая статистика для почвоведов. – М.: МГУ, 19989, – 87 с.

##### *Дополнительная*

10. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - Изд. 4-е. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

## Лекция 14-15

### Методика подготовки научных рефератов, отчетов, выпускных квалификационных работ

Отчет о НИР - научно-технический документ, который содержит систематизированные данные о научно-исследовательской работе, описывает состояние научно-технической проблемы, процесс и (или) результаты научного исследования [из п. 3.1 ГОСТ 7.32-2001]

#### 1. Структурные элементы отчета о НИР

Структурными элементами отчета о НИР являются:

- **титульный лист;**
- **список исполнителей;**
- **реферат;**
- содержание;
- нормативные ссылки;
- определения;
- обозначения и сокращения;
- **введение;**
- **основная часть;**
- **заключение;**
- список использованных источников;
- приложения.

Обязательные структурные элементы выделены полужирным шрифтом.

#### Титульный лист

Титульный лист является первой страницей отчета о НИР и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа [из п. 5.1.1 ГОСТ 7.32-2001]

На титульном листе приводят следующие сведения:

- наименование вышестоящей организации;
- наименование организации-исполнителя НИР;
- индекс Универсальной десятичной классификации (УДК);
- коды Высших классификационных группировок Общероссийского классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции для НИР (ВКГОКП), предшествующих постановке продукции на производство;
- номера, идентифицирующие отчет;
- грифы согласования и утверждения;
- наименование работы;
- наименование отчета;
- вид отчета (заключительный, промежуточный);
- номер (шифр) работы;
- должности, ученые степени, ученые звания, фамилии и инициалы руководителей организации-исполнителя НИР, руководителей НИР;
- место и дату составления отчета.

[из п. 5.1.2 ГОСТ 7.32-2001]

Если отчет о НИР состоит из двух и более частей, то каждая часть должна иметь свой титульный лист, соответствующий титульному листу первой части и содержащий сведения, относящиеся к данной части [из п. 5.1.3 ГОСТ 7.32-2001]

Титульный лист следует оформлять в соответствии с 6.10 [из п. 5.1.4 ГОСТ 7.32-2001]

### **Список исполнителей**

В список исполнителей должны быть включены фамилии и инициалы, должности, ученые степени, ученые звания руководителей НИР, ответственных исполнителей, исполнителей и соисполнителей, принимавших творческое участие в выполнении работы [из п. 5.2.1 ГОСТ 7.32-2001]

Если отчет выполнен одним исполнителем, то его должность, ученую степень, ученое звание, фамилию и инициалы следует указывать на титульном листе отчета [из п. 5.2.2 ГОСТ 7.32-2001]

Список исполнителей следует оформлять в соответствии с 6.11 [из п. 5.2.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Реферат**

Общие требования к реферату на отчет о НИР - по ГОСТ 7.9 [из п. 5.3.1 ГОСТ 7.32-2001]

Реферат должен содержать:

- сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей отчета, количестве использованных источников;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

[из п. 5.3.2 ГОСТ 7.32-2001]

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста отчета, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются строчными буквами в строку через запятые [из п. 5.3.2.1 ГОСТ 7.32-2001]

Текст реферата должен отражать:

- объект исследования или разработки;
- цель работы;
- метод или методологию проведения работы;
- результаты работы;
- основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики;
- степень внедрения;
- рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;
- область применения;
- экономическую эффективность или значимость работы;
- прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Если отчет не содержит сведений по какой-либо из перечисленных структурных частей реферата, то в тексте реферата она опускается, при этом последовательность изложения сохраняется [из п. 5.3.2.2 ГОСТ 7.32-2001]

### **Содержание**

Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы отчета о НИР [из п. 5.4.1 ГОСТ 7.32-2001]

При составлении отчета, состоящего из двух и более частей, в каждой из них должно быть свое содержание. При этом в первой части помещают содержание всего

отчета с указанием номеров частей, в последующих - только содержание соответствующей части. Допускается в первой части вместо содержания последующих частей указывать только их наименования [из п. 5.4.2 ГОСТ 7.32-2001]

В отчете о НИР объемом не более 10 страниц содержание допускается не составлять [из п. 5.4.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Определения**

Структурный элемент «Определения» содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в НИР [из п. 5.6.1 ГОСТ 7.32-2001]

### **Обозначения и сокращения**

Структурный элемент «Обозначения и сокращения» содержит перечень обозначений и сокращений, применяемых в данном отчете о НИР [из п. 5.7.1 ГОСТ 7.32-2001]

Запись обозначений и сокращений проводят в порядке приведения их в тексте отчета с необходимой расшифровкой и пояснениями [из п. 5.7.2 ГОСТ 7.32-2001]

Допускается определения, обозначения и сокращения приводить в одном структурном элементе «Определения, обозначения и сокращения» [из п. 5.7.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Введение**

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости проведения НИР, сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них, сведения о метрологическом обеспечении НИР. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами [из п. 5.8.1 ГОСТ 7.32-2001]

Во введении промежуточного отчета по этапу НИР должны быть приведены цели и задачи этапа исследований, их место в выполнении НИР в целом [из п. 5.8.2 ГОСТ 7.32-2001]

Во введении заключительного отчета о НИР помещают перечень наименований всех подготовленных промежуточных отчетов по этапам и их инвентарные номера [из п. 5.8.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Основная часть**

В основной части отчета приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной НИР [из п. 5.9.1 ГОСТ 7.32-2001]

Основная часть должна содержать:

1. выбор направления исследований, включающий обоснование направления исследования, методы решения задач и их сравнительную оценку, описание выбранной общей методики проведения НИР;

2. процесс теоретических и (или) экспериментальных исследований, включая определение характера и содержания теоретических исследований, методы исследований, методы расчета, обоснование необходимости проведения экспериментальных работ, принципы действия разработанных объектов, их характеристики;

3. обобщение и оценку результатов исследований, включающих оценку полноты решения поставленной задачи и предложения по дальнейшим направлениям работ, оценку достоверности полученных результатов и их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, обоснование необходимости проведения дополнительных исследований, отрицательные результаты, приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований.

[из п. 5.9.2 ГОСТ 7.32-2001]

Представление в отчете данных о свойствах веществ и материалов проводятся по ГОСТ 7.54, единицы физических величин - по ГОСТ 8.417 [из п. 5.9.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Заключение**

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам выполнений НИР или отдельных ее этапов;
- оценку полноты решений поставленных задач;
- разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов НИР;
- оценку технико-экономической эффективности внедрения;
- оценку научно-технического уровня выполненной НИР в сравнении с лучшими достижениями в данной области.

[из п. 5.10 ГОСТ 7.32-2001]

### **Список использованных источников**

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 [из п. 5.11 ГОСТ 7.32-2001]

### **Приложения**

В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполненной НИР, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть.

В приложения могут быть включены:

- промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы испытаний;
- описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний;
- заключение метрологической экспертизы;
- инструкции, методики, разработанные в процессе выполнения НИР;
- иллюстрации вспомогательного характера;
- копии технического задания на НИР, программы работ, договора или другого исходного документа для выполнения НИР;
- протокол рассмотрения выполненной НИР на научно-техническом совете;
- акты внедрения результатов НИР и др.

[из п. 5.12.1 ГОСТ 7.32-2001]

В приложения к отчету о НИР, предшествующему постановке продукции на производство, должен быть включен проект технического задания на разработку (модернизацию) продукции или документ (заявка, протокол, контракт и др.), содержащий обоснованные технико-экономические требования к продукции [из п. 5.12.2 ГОСТ 7.32-2001]

В приложения к отчету о НИР, в составе которой предусмотрено проведение патентных исследований, должен быть включен отчет о патентных исследованиях, оформленный по ГОСТ 15.011, библиографический список публикаций и патентных документов, полученных в результате выполнения НИР, - по ГОСТ 7.1 [из п. 5.12.3 ГОСТ 7.32-2001]

Приложения следует оформлять в соответствии с 6.14 [из п. 5.12.4 ГОСТ 7.32-2001]

## **Правила оформления отчета**

### **Общие требования**

Изложение текста и оформление отчета выполняют в соответствии с требованиями настоящего стандарта, ГОСТ 2.105 и ГОСТ 6.38. Страницы текста отчета о НИР и включенные в отчет иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату A4 по ГОСТ 9327 [из п. 6.1.1 ГОСТ 7.32-2001]

Отчет о НИР должен быть выполнен любым печатным способом на пишущей машинке или с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата A4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков - не менее 1,8 мм (кегель не менее 12).

Текст отчета следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое - 10 мм, верхнее - 20 мм, левое и нижнее - 20 мм.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры [из п. 6.1.2 ГОСТ 7.32-2001]

Вне зависимости от способа выполнения отчета качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток с ПЭВМ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения [из п. 6.1.3 ГОСТ 7.32-2001]

При выполнении отчета необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всему отчету. В отчете должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки [из п. 6.1.4 ГОСТ 7.32-2001]

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки отчета, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью - рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы неполностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям микрофильмирования, установленным ГОСТ 13.1.002 [из п. 6.1.5 ГОСТ 7.32-2001]

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий и другие имена собственные в отчете приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать имена собственные и приводить названия организаций в переводе на язык отчета с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия [из п. 6.1.6 ГОСТ 7.32-2001]

Сокращение русских слов и словосочетаний в отчете - по ГОСТ 7.12 [из п. 6.1.7 ГОСТ 7.32-2001]

### **Построение отчета**

Наименования структурных элементов отчета «Список исполнителей», «Реферат», «Содержание», «Нормативные ссылки», «Определения», «Обозначения и сокращения», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» служат заголовками структурных элементов отчета [из п. 6.2.1 ГОСТ 7.32-2001]

Основную часть отчета следует делить на разделы, подразделы и пункты. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. При делении текста отчета на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию [из п. 6.2.2 ГОСТ 7.32-2001]

Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений.

Пример - 1, 2, 3 и т. д.

Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой.

Пример - 1.1, 1.2, 1.3 и т. д.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой.

Пример - 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 и т. д.

После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят.

Если текст отчета подразделяют только на пункты, их следует нумеровать, за исключением приложений, порядковыми номерами в пределах всего отчета.

Если раздел или подраздел имеет только один пункт или пункт имеет один подпункт, то нумеровать его не следует [из п. 6.2.3 ГОСТ 7.32-2001]

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов [из п. 6.2.4 ГОСТ 7.32-2001]

Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой [из п. 6.2.5 ГОСТ 7.32-2001]

### **Нумерация страниц отчета**

Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки [из п. 6.3.1 ГОСТ 7.32-2001]

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляют [из п. 6.3.2 ГОСТ 7.32-2001]

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц отчета. Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу [из п. 6.3.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов отчета**

Разделы отчета должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов [из п. 6.4.1 ГОСТ 7.32-2001]

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится

Пример

1 Типы и основные размеры

1.1

1.2 Нумерация пунктов первого раздела документа

1.3

2 Технические требования

2.1

## 2.2 Нумерация пунктов второго раздела документа

### 2.3

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

#### 3 Методы испытаний

##### 3.1 Аппараты, материалы и реактивы

###### 3.1.1

###### 3.1.2 Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела документа

###### 3.1.3

##### 3.2 Подготовка к испытанию

###### 3.2.1

###### 3.2.2 Нумерация пунктов второго подраздела третьего раздела документа

###### 3.2.3 \

[из п. 6.4.2 ГОСТ 7.32-2001]

Если раздел состоит из одного подраздела, то подраздел не нумеруется. Если подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется. Наличие одного подраздела в разделе эквивалентно их фактическому отсутствию [из п. 6.4.3 ГОСТ 7.32-2001]

Если текст отчета подразделяется только на пункты, то они нумеруются порядковыми номерами в пределах всего отчета [из п. 6.4.4 ГОСТ 7.32-2001]

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т. д [из п. 6.4.5 ГОСТ 7.32-2001]

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждым перечислением следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву (за исключением ё, з, о, г, ь, и, ы, ь), после которой ставится скобка.

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Если отчет состоит из двух и более частей, каждая часть должна иметь свой порядковый номер. Номер каждой части следует проставлять арабскими цифрами на титульном листе под указанием вида отчета, например, «Часть 2» [из п. 6.4.7 ГОСТ 7.32-2001]

Каждый структурный элемент отчета следует начинать с нового листа (страницы) [из п. 6.4.8 ГОСТ 7.32-2001]

Нумерация страниц отчета и приложений, входящих в состав отчета, должна быть сквозная [из п. 6.4.9 ГОСТ 7.32-2001]

### **Иллюстрации**

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в отчете [из п. 6.5.1 ГОСТ 7.32-2001]

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в отчете, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати [из п. 6.5.2 ГОСТ 7.32-2001]

Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги [из п. 6.5.3 ГОСТ 7.32-2001]

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки [из п. 6.5.4 ГОСТ 7.32-2001]

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1 [из п. 6.5.5 ГОСТ 7.32-2001]

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 - Детали прибора [из п. 6.5.6 ГОСТ 7.32-2001]

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.3 [из п. 6.5.7 ГОСТ 7.32-2001]

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела [из п. 6.5.8 ГОСТ 7.32-2001]

### **Таблицы**

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят [из п. 6.6.1 ГОСТ 7.32-2001]

Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице [из п. 6.6.2 ГОСТ 7.32-2001]

На все таблицы должны быть ссылки в отчете. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера [из п. 6.6.3 ГОСТ 7.32-2001]

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз справа над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы вы-

ходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае - боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее - кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк [из п. 6.6.4 ГОСТ 7.32-2001]

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В [из п. 6.6.6 ГОСТ 7.32-2001]

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят [из п. 6.6.7 ГОСТ 7.32-2001]

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы [из п. 6.6.8 ГОСТ 7.32-2001]

Оформление таблиц в отчете должно соответствовать ГОСТ 1.5 и ГОСТ 2.105 [из п. 6.6.9 ГОСТ 7.32-2001]

### **Примечания**

Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца и не подчеркивать [из п. 6.7.1 ГОСТ 7.32-2001]

Примечания приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания не должны содержать требований [из п. 6.7.2 ГОСТ 7.32-2001]

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Пример

Несколько примечаний нумеруются по порядку арабскими цифрами.

Пример

Примечания

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

[из п. 6.7.3 ГОСТ 7.32-2001]

### **Формулы и уравнения**

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «X» [из п. 6.8.1 ГОСТ 7.32-2001]

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле [из п. 6.8.2 ГОСТ 7.32-2001]

Формулы в отчете следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всего отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример  $A=a:b$ , (1)

10

$B=c:e$ . (2)

Одну формулу обозначают - (1)

[из п. 6.8.3 ГОСТ 7.32-2001]

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В. 1) [из п. 6.8.4 ГОСТ 7.32-2001]

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках. Пример -... в формуле (1) [из п. 6.8.5 ГОСТ 7.32-2001]

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1) [из п. 6.8.6 ГОСТ 7.32-2001]

Порядок изложения в отчете математических уравнений такой же, как и формул [из п. 6.8.7 ГОСТ 7.32-2001]

В отчете допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами [из п. 6.8.8 ГОСТ 7.32-2001]

### **Ссылки**

В отчете допускаются ссылки на данный документ, стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом [из п. 6.9.1 ГОСТ 7.32-2001]

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением под-

разделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа [из п. 6.9.2 ГОСТ 7.32-2001]

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1 [из п. 6.9.3 ГОСТ 7.32-2001]

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках [из п. 6.9.4 ГОСТ 7.32-2001]

### **Титульный лист**

Титульный лист содержит реквизиты:

- наименование вышестоящей организации или другого структурного образования, в систему которого входит организация-исполнитель, наименование организации (в том числе и сокращенное);
- индекс УДК, код ВКГ Общероссийского классификатора продукции (ОКП) (для отчетов о НИР, предшествующих разработке и модернизации продукции) и номер государственной регистрации НИР, проставляемые организацией-исполнителем, а также надпись «Инв. №» - эти данные размещаются одно под другим;
- специальные отметки (при наличии в отчете численных данных о свойствах веществ и материалов в этой части проставляется аббревиатура ГСССД - государственная служба стандартных справочных данных);
- гриф согласования, гриф утверждения.

Гриф утверждения состоит из слова «УТВЕРЖДАЮ», должности с указанием наименования организации, ученой степени, ученого звания лица, утвердившего отчет, личной подписи, ее расшифровки и даты утверждения отчета. Здесь же проставляется печать организации, утвердившей отчет.

Гриф согласования состоит из слова «СОГЛАСОВАНО», должности с указанием наименования организации, ученой степени, ученого звания лица, согласовавшего отчет, его личной подписи, ее расшифровки, даты согласования, печати согласующей организации.

Если согласование проводилось письмом, следует указывать сокращенное наименование согласующей организации, исходящий номер и дату письма.

В реквизитах «гриф согласования» и «гриф утверждения» составные части, состоящие из нескольких строк, печатают через 1 межстрочный интервал, а сами составные части отделяют друг от друга 1,5 межстрочным интервалом.

Подписи и даты подписания должны быть выполнены только черными чернилами или тушью.

Элементы даты приводят арабскими цифрами в одной строке в следующей последовательности: день месяца, месяц, год, например: дату 10 апреля 2000 г. следует оформлять 10.04.2000:

- вид документа - строчными буквами с первой прописной, наименование НИР - прописными буквами, наименование отчета - строчными буквами в круглых скобках, вид отчета (промежуточный или заключительный) - строчными буквами с первой прописной (если наименование НИР совпадает с наименованием отчета, то его печатают прописными буквами);
- шифр государственной научно-технической программы, шифр работы, присвоенный организацией-исполнителем;
- должности, ученые степени, ученые звания руководителей организации-исполнителя НИР, руководителей НИР (если печатается в несколько строк, то печатать

через 1 межстрочный интервал), затем оставляют свободное поле для личных подписей и помещают инициалы и фамилии лиц, подписавших отчет, ниже личных подписей проставляют даты подписания (если на титульном листе не размещаются все необходимые подписи, то допускается переносить их на следующую страницу);

- город и год выпуска отчета.

[из п. 6.10.1 ГОСТ 7.32-2001]

Примеры оформления титульных листов приведены в приложении Б [из п. 6.10.2 ГОСТ 7.32-2001]

### **Список исполнителей**

Фамилии и инициалы, должности, ученые степени, ученые звания в списке следует располагать столбцом. Слева указывают должности, ученые степени, ученые звания исполнителей и соисполнителей (если печатается в несколько строк, то печатать через 1 межстрочный интервал), затем оставляют свободное поле для подлинных подписей, справа указывают инициалы и фамилии исполнителей и соисполнителей. Возле каждой фамилии в скобках следует указывать номер раздела (подраздела) и фактическую часть работы, подготовленную конкретным исполнителем. Для соисполнителей следует также указывать наименование организации-соисполнителя [из п. 6.11.1 ГОСТ 7.32-2001]

Пример оформления списка исполнителей приведен в приложении В [из п. 6.11.2 ГОСТ 7.32-2001]

### **Перечень обозначений и сокращений, условных обозначений, символов, единиц физических величин и терминов**

Перечень должен располагаться столбцом. Слева в алфавитном порядке приводят сокращения, условные обозначения, символы, единицы физических величин и термины, справа - их детальную расшифровку [из п. 6.12 ГОСТ 7.32-2001]

### **Список использованных источников**

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте отчета и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа [из п. 6.13 ГОСТ 7.32-2001]

### **Приложения**

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа [из п. 6.14.1 ГОСТ 7.32-2001]

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа, за исключением справочного приложения «Библиография», которое располагают последним [из п. 6.14.2 ГОСТ 7.32-2001]

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой [из п. 6.14.3 ГОСТ 7.32-2001]

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А» [из п. 6.14.4 ГОСТ 7.32-2001]

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения [из п. 6.14.5 ГОСТ 7.32-2001]

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц. При необходимости такое приложение может иметь «Содержание» [из п. 6.14.6 ГОСТ 7.32-2001]

Приложениям или частям, выпущенным в виде самостоятельного документа, обозначение присваивают как части документа с указанием в коде документа ее порядкового номера [из п. 6.14.7 ГОСТ 7.32-2001]

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы структурные элементы отчета о НИР
2. Какие сведения приводят на титульном листе?
3. Что должен содержать реферат?
4. Что включает содержание отчета?
5. Что должно содержаться во введении?
6. Что приводят в основной части отчета?
7. Что должно содержать заключение?
8. Что содержит и как оформляется список использованных источников?
9. Что включают в приложения?
10. Каковы правила оформления отчета?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

*Основная литература*

ГОСТ 7.32-2001 отчет о научно-исследовательской работе

## Библиографический список

### а) основная литература

1. Мелиорация земель : учебник / Ассоциация "Агрообразование" ; ред. А. И. Голованов. - М. : КолосС, 2011. - 824 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 978-5-9532-0752-2
2. Природообустройство : учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов. - М. : КолосС, 2008. - 552 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 978-5-9532-0480-4
3. Системы земледелия : учебник / А. В. Сафонов [и др.] ; ред. : А. Ф. Сафонов ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 447 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0347-0

### б) дополнительная литература

1. Рекс, Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. – М.: Аслан, 1995, 192 с
2. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации / Под ред. Маркова Е.С. – М.: Колос, 1994. 165 с
3. Парфенов, Н.И. Научно-методические основы обеспечения экологически устойчивого функционирования природных систем в условиях мелиоративной и воднохозяйственной деятельности. / Н.И. Парфенов, С.Д. Исаева // Проблемы и перспективы развития мелиорации, водного и лесного хозяйства: сб. науч. тр. – М.: Изд-во ВНИИА, 2004. – С.169-175.
4. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) : учебник / Б. А. Доспехов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Агропромиздат, 1985. - 351 с.
5. Сурков, Н.Н. Основы научных исследований в растениеводстве (методика опытного дела). – М.: ВСИЗО, 1991. –62 с.
6. Савич, В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении. – М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 104 с.
7. Математическая статистика для почвоведов / А.С. Манучаров, Е.А. Дмитриев, В.П. Самсонова. – М.: МГУ, 1989, – 87 с.
8. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – Изд. 2-е / Под ред. Академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
9. Практикум по почвоведению / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
10. Физические и химические методы исследования почв / Под ред. А.Д. Воронина и Д.С. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 152 с.

## Содержание

№ лек- ции	Название и содержание лекции	Стр.
	Введение	3
1	Обоснование целей и задач мелиоративных исследований	4
2-3	Обоснование состава сопутствующих наблюдений мелиоративных исследований	9
4	Приемы и методы научных исследований процессов на мелиоративных системах	12
5	Виды полевых опытов и требования к ним	16
6	Методика проведения эксперимента. Способы повышения точности исследований	20
7	Методы размещения вариантов полевого опыта	23
8	Основы статистической обработки результатов исследований	27
9	Статистические характеристики количественной изменчивости	30
10	Распределения и методы проверки гипотез	34
11	Дисперсионный анализ данных полевого эксперимента	39
12-13	Экономическая и энергетическая эффективность мелиоративных приемов	43
14-15	Методика подготовки научных рефератов, отчетов, выпускных квалификационных работ	55
	Библиографический список	68