

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.08. Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании

- 1. Шифр и наименование направления подготовки:**  
05.04.06 – Экология и природопользование
- 2. Профиль подготовки:** Экологический мониторинг и оценка воздействия на окружающую среду
- 3. Квалификация выпускника:** магистр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра природопользования
- 6. Составители программы:** Акимов Леонид Мусамудинович, кандидат географических наук, доцент, факультет географии, геоэкологии и туризма; [akl63@bk.ru](mailto:akl63@bk.ru)
- 7. Рекомендована:** Протокол о рекомендации: НМС ф-та географии, геоэкологии и туризма от 04.05.2022 № 8
- 8. Учебный год:** 2022 - 2023

Семестр: 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение статистических методов, применяемых в гидрометеорологии и природопользовании;
- развитие навыков статистического мышления и навыков использования статистических методов и основ моделирования.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основополагающих положений теории вероятности и математической статистики;
- получение опыта статистической обработки гидрологических рядов и данных метеонаблюдений с акцентом на параметры, необходимые для эколого-водохозяйственных проектов.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к общенаучному циклу учебного плана по программе магистратуры 05.04.06 – Экологический мониторинг и оценка воздействия на окружающую среду.

Входными знаниями для изучения данной дисциплины являются знания математики, математической статистики, метеорологии, гидрометеорологии и природопользования в объеме программы университета.

Данная дисциплина является предшествующей для дисциплин «Геоинформационное обеспечение природоохранной деятельности», «Проектирование природоохранных мероприятий».

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способен применять экологические методы исследований для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности	ОПК-3.2	Использует методы статистической обработки экологической информации и массивов эколого-географических данных	<b>Знать:</b> методы обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации и использовать теоретические знания на практике. <b>Уметь:</b> осуществлять сбор, обработку данных статистических экспериментов, проводить интерпретацию полученных результатов исследования. <b>Владеть:</b> методами экологического проектирования и экспертизы, экологического менеджмента и аудита, экологического картографирования.
ОПК-5	Способен понимать	ОПК-5.1	Использует стандартные и	<b>Знать:</b> основы статистического анализа.

	принципы работы информационных технологий и решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационных коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий		оригинальные программные продукты для сбора, хранения, обработки, анализа и передачи экологической информации, при необходимости адаптируя их для решения конкретных задач экологической направленности	<b>Уметь:</b> применять на практике методы математической статистики и теории вероятностей. <b>Владеть:</b> навыками вычисления основных эколого-географических данных статистическими методами.
--	--	--	---	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.— 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 семестр
Аудиторные занятия		48	48
в том числе:	лекции	16	16
	лабораторные	32	32
Самостоятельная работа		60	60
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой		—	—
Итого:		108	108

**13.1. Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Типы данных в экологическом, почвенном и агрохимическом исследовании и методы их	Особенности данных в экологии, почвоведении и агрохимии. Шкалы признаков. Свертки информации. Понятие случайной величины.	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании»

	анализа	Способы обеспечения репрезентативности выборки	<a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
1.2	Основные методы анализа данных и их реализация в пакетах Excel, Statistica, интерпретация результатов	Создание векторов. Операции с векторами. Простейшие графики. Фреймы (таблицы данных). Создание фрейма, загрузка данных из файла, сохранение данных в файл Расчет основных статистических характеристик с помощью электронной таблицы Excel. Грамотное представление результатов исследования Систематическая и случайная выборки. Использование электронной таблицы EXCEL для получения случайной выборки. Ошибка среднего как характеристика особенностей пробоотбора. Функция равномерно распределенных случайных чисел	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
1.3	Предварительный анализ данных и анализ одной выборки	Анализ выборки одномерной случайной величины с помощью программы STATISTICA 10.0. Ввод данных. Расчет характеристик распределения	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
1.4	Сравнение средних для данных распределенных нормально и ненормально	Проверка гипотез о типе распределения. Сравнение средних двух независимых выборок. (Программа STATISTICA 10.0). Анализ сгруппированных данных. Сравнение средних 2 независимых выборок с помощью t- критерия и с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
1.5	Дисперсионный анализ	Двухфакторный дисперсионный анализ. Сравнение группы средних независимых выборок мощностью критерия НСР	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании»

			<a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
1.6	Регрессионный анализ	Одномерная и многомерная регрессия. Коэффициент корреляции.	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
<b>2. Лабораторные работы</b>			
2.1	Параметрические критерии	Описательная статистика. Линейная корреляция	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
		Критерии Стьюдента и Фишера	
2.2	Проверка статистических гипотез. Элементы регрессионного и корреляционного анализа	Основные сведения. Методы описательной статистики в пакете STADIA 6.0 для Windows	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
		Анализ нормальных выборок в пакете STADIA	
2.3	Многомерные методы. Параметрические критерии	Понятие функциональной, статистической и корреляционной зависимости	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
		Анализ линейных и криволинейных связей. Регрессионный анализ в пакете STADIA. Множественная линейная регрессия в пакете STADIA	
		Способы выявления трендов в гидрометеорологических рядах	
2.4	Способы выявления трендов в гидрометеорологических рядах	Факторный, кластерный и дискриминантный анализ	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
		Метод Вилкоксона для оценки однородности рядов	
		Критерий согласия Колмогорова	
		Множественная линейная регрессия в пакете STADIA	
2.5	Методы и модели анализа и прогнозирования в экологии и	Использование надстройки Excel. Анализ данных для моделирования временных рядов	Онлайн-курс «Статистические методы и компьютерные

природопользовании с использованием временных рядов	Анализ временных рядов в пакете STADIA	технологии в экологии и природопользовании» <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>
	Методы восстановления пропусков в наблюдениях	
	Оценка гидрометеорологических характеристик в нестационарных условиях	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Параметрические критерии	4	-----	8	15	27
2	Проверка статистических гипотез	4	-----	8	15	27
3	Элементы регрессионного и корреляционного анализа	4	-----	8	15	27
4	Многомерные методы	4	-----	8	15	27
	Итого:	16	-----	32	60	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Необходима регулярная работа с текстом конспектов лекций для понимания и освоения материала предшествующей и последующей лекций. По указанию преподавателя необходимо регулярно выполнять домашние задачи, выполнять контрольные тесты в ходе текущей аттестации (по каждой пройденной теме), подготовить презентацию по рекомендованной теме к итоговой зачетной аттестации.

При подготовке к промежуточной аттестации студенты изучают и конспектируют рекомендуемую преподавателем учебную литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов включают:

- использование электронных учебников и ресурсов Интернет, в том числе электронного образовательного портала Moodle;
- методические разработки с примерами решения типовых задач в области гидрологии;
- использование лицензионного программного обеспечения для расчета основных метеорологических величин.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№	Источник
---	----------

п/п	
1	Михальчук, А.А. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений: учебное пособие / А.А. Михальчук, Е.Г. Язиков; Министерство образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. - Ч. I. Математические основы. - 102 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442767">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442767</a>
2	Джафаров, К.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / К.А. Джафаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2015. - 167 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=438304">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=438304</a>
3	Гитис, Л.Х. Факторный анализ / Л.Х. Гитис. - М.: Горная книга, 2013. - Лекция 2. Повышение качества управления методами факторного анализа. - 20 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=375311">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=375311</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Количественные методы в экономических исследованиях: учебник / Ю.Н. Черемных, А.А. Любкин, Я.А. Рощина и др.; под ред. Л.В. Тумановой, М.В. Грачевой, Ю.Н. Черемных. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Юнити-Дана, 2015. - 687 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=119441">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=119441</a> То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=461989">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=461989</a>
5	Колемаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. - М.: Юнити-Дана, 2015. - 352 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436721">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436721</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
6	ЗНБ ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>
7	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>
8	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" ( <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> )
9	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" ( <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a> )
10	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
11	Электронный курс по дисциплине на портале «Электронный университет ВГУ» – Режим доступа: по подписке. – <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526</a>



## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
12	Михальчук, А.А. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений: учебное пособие / А.А. Михальчук, Е.Г. Языков; Министерство образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. - Ч. I. Математические основы. - 102 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442767">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442767</a>
13	Джафаров, К.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / К.А. Джафаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2015. - 167 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=438304">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=438304</a>
14	Гитис, Л.Х. Факторный анализ / Л.Х. Гитис. - М.: Горная книга, 2013. - Лекция 2. Повышение качества управления методами факторного анализа. - 20 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=375311">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=375311</a>
15	Количественные методы в экономических исследованиях: учебник / Ю.Н. Черемных, А.А. Любкин, Я.А. Рощина и др.; под ред. Л.В. Тумановой, М.В. Грачевой, Ю.Н. Черемных. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Юнити-Дана, 2015. - 687 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=119441">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=119441</a> То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=461989">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=461989</a>
16	Колемаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. - М.: Юнити-Дана, 2015. – 352 с.; То же [Электронный ресурс]. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436721">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436721</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Программа курса реализуется с элементами дистанционных технологий на платформе «Образовательный портал «Электронный университет ВГУ».

Режим доступа: <https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4526>

При реализации учебной дисциплины используются программные пакеты лицензионного ПО:

- WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc;
- OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc;
- WinSvrStd 2012 RUS OLP NL Acdmc 2Proc;
- СПС "Консультант Плюс" для образования;
- неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Универсальный Russian Edition;
- неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition;
- неисключительные права на ПО Kaspersky Security для файловых серверов;
- MS P.Point;
- STADIA;
- интернет-браузер Mozilla Firefox.



## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Для лекционных занятий – учебная аудитория (учебный корпус № 5 ВГУ), оснащенная специализированной мебелью, мультимедийной аппаратурой (мультимедиа-проектор, компьютер, стационарный экран);

Для лабораторных занятий - учебно-научная гидрометеорологическая обсерватория (учебный корпус № 5 ВГУ), оснащенная специализированной мебелью: компьютеры "Intel Celeron" с мониторами Samsung /лицензионное ПО/, принтер струйный Epson, автоматизированный комплекс приема спутниковой гидрометеоинформации, автоматизированная метеостанция М-49, психрометры, метеометр МЭС-2, барометры-анероиды, гигрографы, снегомер весовой, гидрометрические вертушки, эхолот, актинометр, огороженная площадка, прилегающая к корпусу, для стандартных метеонаблюдений с комплексом оборудования для измерения температуры, осадков, ветра, облачности, явлений погоды.

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение	ОПК-3	ОПК-3.2	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
2	Теория вероятностей и математическая статистика в гидрометеорологии	ОПК-3	ОПК-3.2	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
3	Основные теоремы теории вероятностей	ОПК-3	ОПК-3.2	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
4	Случайные величины	ОПК-5	ОПК-5.1	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
5	Нормальные распределения вероятностей	ОПК-5	ОПК-5.1	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
6	Моменты случайных величин	ОПК-5	ОПК-5.1	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
7	Основные параметры гидрометеорологических рядов	ОПК-5	ОПК-5.1	Лабораторные работы. Устный опрос, тест
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой			Перечень вопросов Практическое задание (см. п. 20.2)	

## **20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация проводится в формах:

- устного опроса (индивидуальный опрос, доклады);
- контрольных работ (контрольные, лабораторные работы);
- тестирования;
- оценки результатов самостоятельной работы (презентация).

Критерии оценивания приведены ниже.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков при изучении дисциплины.

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- устный опрос;
- лабораторные работы;
- тесты.

#### Тестовые задания

Задание 1 По данным, представляющим собой средние многолетние показатели ( $n = 6$ ) за период вегетации (май, июнь) (табл.1), провести регрессионный анализ зависимости биомассы трав  $y$  ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) в агроландшафте от температуры  $x_1$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) и количества атмосферных осадков  $x_2$  ( $\text{мм}$ ).

Таблица 1

№	$x_1$	$x_2$	$y$	№	$x_1$	$x_2$	$y$
1	14,5	82	300	4	17,2	120	420
2	15,0	95	350	5	18,5	130	450
3	15,6	105	370	6	19,3	140	500

Задание 2 На основе линейной регрессионной модели исследовать зависимость продолжительности жизни ( $Y$ , лет) от рождаемости ( $x_1$ , %), смертности ( $x_2$ , %), младенческой смертности ( $x_3$ , %), разводимости ( $x_4$ , %) и брачности ( $x_5$ , %). В таблице 1 приведены исходные данные. Построить три линейные модели, выбирая последовательно в качестве зависимой переменной:

- а) общую продолжительность жизни ( $Y = x_6$ );
- б) продолжительность жизни мужчин ( $Y = x_7$ );
- в) продолжительность жизни женщин ( $Y = x_8$ ).

Таблица 2

Годы	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
1960	23,2	7,4	36,6	1,5	12,5	68,95	63,95	72,55
1961	21,9	7,4	32,8	1,5	11,1	68,8	63,8	72,4
1962	20,2	7,7	32	1,6	10,1	69,1	64,1	72,7
1963	18,7	7,5	31	1,6	9,1	69,4	64,4	73
1964	16,9	7,2	28,8	1,8	8,6	69,45	64,35	73,2
1965	15,7	7,6	26,6	1,8	8,7	69,5	64,3	73,4
1966	15,3	7,6	25,5	3,2	9	69,4	64,1	73,45
1967	14,4	7,9	25,3	3,2	9,1	69,3	63,9	73,5
1968	14,1	8,1	25,4	3,2	9,1	69,05	63,55	73,45
1969	14,2	8,5	24,6	3	9,7	68,8	63,2	73,4
1970	14,6	8,7	23	3	10,1	69,9	63,2	73,5
1971	15,1	8,7	21,2	3	10,4	69	63,2	73,6
1972	16,3	9	21,7	3,1	10	68,95	63,2	73,6
1973	15,1	9,2	22,2	3,2	10,6	68,9	63,2	73,6
1974	15,6	9,2	22,8	3,4	10,9	68,5	62,75	73,3
1975	15,7	9,8	23,7	3,6	11,1	68,1	62,3	73
1976	15,9	10	25	3,8	11	68	62,05	73,1
1977	15,8	10,2	24,2	3,7	11,2	67,9	61,8	73,2
1978	15,9	10,3	23,6	3,9	10,9	67,7	61,35	73,1
1979	15,8	10,8	22,6	4	10,7	67,5	61,5	73
1980	15,9	11	22,1	4,2	10,6	67,75	61,75	73,25
1981	16	10,9	21,5	4,1	10,6	68	62	73,5
1982	16,6	10,7	20,4	4	10,4	67,95	62	73,4
1983	17,5	11	20,1	4,1	10,4	67,9	62	73,3
1984	16,9	11,6	20,9	4	9,6	68,6	62,9	73,65
1985	16,8	11,3	20,7	4	9,7	69,3	63,8	74
1986	17,2	10,4	19,3	4	9,8	69,6	64,3	74,2
1987	17,1	10,5	19,4	4	9,9	69,6	64,3	74,2
1988	16	9,8	18,9	3,9	9,5	69,9	64,8	74,4
1989	14,6	10,7	17,8	3,9	9,4	69,6	64,2	74,5
1990	13,4	11,2	17,4	3,8	8,9	69,2	63,8	74,3
1991	12,1	11,4	17,8	4	8,6	69	63,5	74,3
1992	10,7	12,2	18	4,3	7,1	67,9	62	73,8
1993	9,4	14,5	19,9	4,5	7,5	65,1	58,9	71,9
1994	9,6	15,7	18,6	4,6	7,4	64	57,6	71,2
1995	9,3	15	18	4,5	7,3	65	58	72

**Задание 3** Предположим, что урожай пшеницы ( $Y = x_4$ ) (ц/га) линейно зависит от суммы осадков (мм) за период от сева до начала кущения ( $x_1$ ), от суммы осадков (мм) от начала кущения до начала цветения ( $x_2$ ) и от испарения (мм) в период от начала кущения до начала цветения пшеницы ( $x_3$ ). Значения этих показателей приведены в таблице 1. Методом шаговой регрессии определить необходимый и достаточный набор переменных, объясняющих показатель урожая пшеницы.

Таблица 3

Номер наблюдения	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
1	21	76	211	10,5
2	44	42	163	10,5
3	25	36	222	6,1
4	37	58	126	11,1
5	53	58	145	14,7
6	24	89	175	12,1
7	27	84	154	10,0
8	36	52	171	10,8
9	88	96	159	17,7
10	14	93	141	8,2
11	14	89	124	11,8
12	17	109	149	10,2
13	32	57	214	9,3
14	19	49	171	9,6
15	40	55	178	8,7
16	12	103	167	11,4
17	66	74	180	13,3
18	20	18	229	5,2
19	66	71	135	14,1
20	39	40	181	7,0

Задание 4 По данным водного баланса Воронежского водохранилища за 20 лет (табл.1) провести методом шаговой регрессии анализ зависимости общего стока через створ Воронежского ГУ ( $Y = x_5$ ) от притока по реке Воронеж ( $x_1$ ), боковой приточности ( $x_2$ ), осадков ( $x_3$ ) и испарения( $x_4$ ).

Таблица 4

Годы	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
1976	1193,83	34,39	44,27	25,70	1109,12
1977	2009,62	47,50	52,62	36,47	1908,19
1978	2034,7	52,80	51,17	35,83	1965,45

1979	78,83	3232, 2	51,09	52,94	3094, 20
1980	2240,5	61,50	63,45	45,45	2268, 5
1981	3615,5	87,99	54,49	49,08	3523, 0
1982	1852,7	47,41	40,51	40,67	1806, 1
1983	2491,3	44,67	37,26	43,16	2394, 2
1984	1194,4	12,89	29,56	52,06	1061, 2
1985	1930	28,5	48,2	45,0	1790
1986	2338,8	49,14	35,89	49,95	2222, 8
1987	1315,7	34,64	47,1	39,39	1101, 71
1988	1618,5	36,09	46,52	48,56	1523, 1
1989	1135,9	24,52	52,61	50,97	1048, 1
1990	2019,4	56,63	55,87	45,11	1984, 6
1991	2403,9	50,29	29,62	53,67	2218, 2
1992	1403,7	25,11	44,99	52,24	1361, 3
1993	2217,10	56,33	45,16	52,03	2047, 5
1994	2882,50	91,77	40,01	52,51	2769, 4
1995	2308,90	58,60	51,22	55,22	2243, 30

### Тема: кластерный, дискриминантный и факторный анализ

**Задание 1** В качестве факторов, определяющих развитие природных процессов на речных водосборах, были выбраны площадь земель с крутизной склонов более  $5^{\circ}$ , % ( $x_1$ ), водопроницаемость рельефообразующих пород, % ( $x_2$ ), модуль весеннего стока за год 50% обеспеченности, л (с км<sup>2</sup>) ( $x_3$ ), площадь пашни, га/км<sup>2</sup> ( $x_4$ ), облесенность, % ( $x_5$ ), содержание гумуса, % ( $x_6$ ), модуль подземного стока, л(с км<sup>2</sup>) ( $x_7$ ). Значения этих показателей приведены в табл.1. Используя метод кластерного анализа, провести группировку речных

бассейнов в кластеры по выделенным факторам природного воздействия и анализ средних значений показателей для полученных кластеров.

Таблица 1

№ п/п	Наименование реки	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
1	Б. Верейка	3,8	4,0	2,2	51,4	15,4	5,6	1,1
2	Усмань	1,2	4,5	1,8	69,7	11,6	6,4	1,0
3	Хава	2,0	3,5	1,5	62,0	9,1	6,8	0,9
4	Матреночка	3,2	2,0	1,7	68,1	3,4	7,1	0,6
5	Эртиль	2,7	2,0	1,7	69,0	1,3	6,6	0,4
6	Курлак	3,5	2,0	1,5	73,3	4,2	6,8	0,5
7	Токай	3,7	2,0	2,1	74,2	4,5	6,8	0,6
8	Елань	3,6	4,5	2,2	56,4	9,5	5,8	0,4
9	Савала	4,1	4,3	2,2	76,2	10,7	5,6	0,4
10	Карачан	4,0	3,5	2,1	57,0	14,5	6,1	0,4
11	Ворона	3,0	5,0	2,1	64,2	17,9	5,2	0,4
12	Хопер	3,0	5,6	2,2	52,7	9,9	4,9	0,4
13	Ведуга	8,0	9,0	1,9	60,0	5,1	6,2	1,2
14	Тамлык	2,4	4,5	1,5	65,5	5,6	6,6	0,9
15	Тойда	4,7	2,0	1,8	63,6	4,9	7,0	0,6
16	Тишанка	2,0	2,0	1,8	62,0	3,1	5,8	0,4
17	В. Девица	10,6	8,3	1,5	57,8	5,3	5,7	1,3
18	Еманча	10,0	8,0	1,5	52,1	7,8	6,2	1,3
19	Н. Девица	13,2	6,0	1,4	52,8	6,6	5,6	1,0
20	Хворостань	5,7	5,0	1,4	61,3	5,6	5,4	0,8

Задание 2 В качестве основных факторов, которые определяют<sup>8</sup> интенсивность развития негативных природных процессов на водосборах малых рек в Тамбовской области, наличия полевых защитных лесных полос га/км ( $x_8$ ), распаханность территории, % ( $x_9$ ), среднемноголетний слой стока рек 75 %-й обеспеченности за год, мм ( $x_{10}$ ), то же за половодье, мм ( $x_{11}$ ), то же за 30 дней зимней межени, мм ( $x_{12}$ ). Значения этих показателей приведены в таблице 1.

Используя метод кластерного анализа, провести группировку речных бассейнов в кластеры по выделенным факторам и анализ средних значений показателей для полученных кластеров.

Таблица 2

Водосборы рек	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
Серп	85	0,81	0,010	27	150	3,9	31	0,52	39	10 6	54	1,4
Цна	108	0,80	0,010	19	310	2,8	18	0,68	58	10 3	50	1,3
Иловой	60	0,40	0,055	21	280	8,0	20	0,60	54	98	61	1,3
Лес.Воронеж	62	0,60	0,060	22	430	6,5	8	0,92	59	97	62	1,3
Пол.Воронеж	67	0,79	0,015	29	140	3,8	6	0,89	55	94	64	1,4
Челновая	101	0,76	0,011	25	150	3,0	19	0,70	57	10 7	56	1,3
Керша	96	0,80	0,003	22	165	2,0	17	0,79	56	98	51	1,3
Б.Ломовис	111	0,80	0,005	26	220	2,0	22	0,80	56	92	53	1,4
Кашма	109	0,80	0,005	26	200	2,0	18	0,79	52	10 6	55	1,4
Воронеж	95	0,40	0,095	19	180	2,8	15	1,00	50	86	44	1,6
Матыра	102	0,80	0,085	24	80	3,0	4	1,02	72	80	44	1,4
С.Липовица	108	0,81	0,003	29	200	2,0	19	0,45	68	90	43	1,3
Лес.Тамбов	97	0,80	0,003	27	260	2,0	18	0,81	61	90	35	1,4
Мок.Панда	101	0,81	0,005	28	250	2,0	8	0,95	65	74	50	1,1
Калаис	90	0,79	0,005	25	260	2,0	12	0,84	60	79	62	1,4
Ира	77	0,81	0,005	18	260	2,0	6	0,85	62	78	64	1,3
Вяжля	95	0,81	0,005	24	150	2,8	5	0,94	67	76	55	1,3
Битюг	94	0,80	0,002	27	100	2,2	3	0,82	75	57	28	0,8
Эртиль	77	0,80	0,002	25	140	2,2	3	0,86	75	67	30	0,9
Токай	85	0,81	0,002	18	200	2,3	3	1,03	74	51	37	0,7
Савала	96	0,80	0,003	21	260	2,8	3	1,22	72	51	45	0,8
Шибряйка	76	0,81	0,005	18	760	2,5	6	0,90	67	61	42	1,0
Ворона	106	0,81	0,005	23	350	2,8	7	0,98	68	59	42	1,0

**Задание 3** Для оценки последствий воздействий хозяйственной деятельности человека на природную среду были выбраны эродированность почв, % ( $x_1$ ), площадь оврагов, % ( $x_2$ ), подкисление почв, % ( $x_3$ ), солонцеватость почв, % ( $x_4$ ), переувлажнение почв, % ( $x_5$ ), засоление почв, % ( $x_6$ ), безвозвратные потери водных ресурсов, тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> ( $x_7$ ), загрязнение вод промышленно-коммунальными стоками, % ( $x_8$ ), сокращение подземного стока при водозаборе подземных вод, %. Данные по водосборам рек приведены в таблице 1.

**Задание 4** Проведите кластеризацию речных бассейнов, используя иерархические алгоритмы по:



1) исходным данным;  
 2) стандартизованным исходным данным.  
 Сравните результаты кластеризации. Найдите статистические характеристики каждого кластера.

Таблица 3

№ п/п	Наименование реки	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-
1	Б. Верейка	12,1	1,1	37,7	0,3	3,5	0,4	1,8	1,0
2	Воронез	9,7	0,7	34,1	1,7	3,5	0,8	12,2	90,0
3	Усмань	4,6	0,2	26,4	6,4	6,8	1,5	6,3	2,7
4	Хава	2,9	0,1	25,5	5,5	6,6	1,6	6,5	3,2
5	Матреночка	0,0	0,1	3,2	2,1	1,8	0,6	6,1	1,7
6	Эртиль	7,5	0,3	7,7	1,2	6,3	1,1	20,0	6,9
7	Курлак	8,9	0,4	10,6	3,2	4,8	1,6	20,4	7,0
8	Токай	8,9	0,9	18,7	3,1	4,5	1,5	7,0	5,1
9	Елань	9,9	1,1	18,2	6,1	4,6	1,8	6,9	5,0
10	Савала	9,1	1,2	17,1	4,8	4,3	2,4	6,7	5,1
11	Карачан	8,4	1,6	26,7	3,6	4,2	1,9	5,2	3,0
12	Ворона	7,2	0,6	36,9	4,8	4,0	2,2	12,3	2,6
13	Хопер	7,9	1,3	24,7	5,9	3,3	2,9	16,3	13,0
14	Ведуга	14,2	1,1	42,2	0,5	3,1	0,6	2,9	2,0
15	Тамлык	1,9	0,1	11,2	2,4	3,9	0,2	3,5	1,8
16	Тойда	2,4	0,1	4,9	5,1	1,7	0,5	5,9	1,6
17	Тишанка	2,5	0,1	5,1	2,2	1,8	0,5	5,6	1,7
18	В. Девица	28,2	1,2	28,2	1,7	4,9	0,1	2,6	6,4
19	Еманча	2,9	0,2	9,7	2,3	3,8	0,1	2,0	2,2
20	Н. Девица	21,1	1,4	10,0	3,1	4,0	0,2	3,9	2,6
21	Хворостань	16,5	0,8	17,4	3,7	3,5	0,3	11,0	4,9
22	Березовка	2,7	0,1	6,3	2,0	2,3	0,2	5,7	1,8
23	Потудань	17,9	1,5	9,7	5,4	3,5	0,2	4,0	1,7
24	Тихая Сосна	17,7	1,5	9,6	5,8	4,6	0,1	3,9	6,6
25	Икорец	13,2	0,4	17,9	5,8	3,7	0,5	6,1	4,0
26	Битюг	10,4	0,3	16,8	6,0	4,9	1,3	20,0	6,9
27	Чигла	12,2	0,8	24,8	11,1	4,6	1,5	20,0	7,6
28	Сухая Чигла	2,5	0,1	3,1	4,4	2,1	0,2	6,3	2,4
29	Ольхов	42,2	0,7	5,5	6,2	1,3	1,4	2,2	5,0

	атка								
30	Россошь	41,1	1,5	3,1	13,5	3,8	0,4	2,2	5,1
31	Осередь	15,1	1,3	11,9	6,9	3,4	1,4	3,2	5,7
32	Гаврило	18,9	0,9	20,9	9,6	3,3	1,3	3,9	3,6
33	Толуче евка	19,3	1,8	12,2	10,1	2,3	1,5	3,1	8,4
34	Подгор ная	23,3	1,9	6,0	11,4	2,1	1,5	3,2	2,9
35	Манина	27,8	1,8	2,5	9,1	2,6	1,6	3,1	2,9

**Задание 5** Провести дискриминантную верификацию результатов дивизивной классификации речных бассейнов из задания 1.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- контрольно-измерительных материалов, включающих 2 теоретических вопроса.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие критерии:

- владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами математической статистики);
- способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- применять теоретические знания для расчетов основных статистических величин.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### Перечень вопросов к зачету с оценкой:

1. Сколько знаков после запятой указывается при анализе данных?
2. Что такое дисперсия, в каких единицах измеряется?
3. Что указывается в таблице при характеристике распределения нормально распределённой случайной величины?
4. Что такое квантильное представление случайной величины? Когда оно используется? В чем состоит?
5. Что характеризует ошибка среднего?
6. Что входит в предварительный (пилотный) анализ выборки?
7. Как сравниваются средние для нормально распределённых величин?
8. Что такое доверительный интервал для случайной величины и как его рассчитать для заданного уровня значимости альфа?
9. Почему нужно запомнить число 1,96? Что оно обозначают и для чего его используют?
10. Как сравниваются средние для величин, распределение которых отличается от нормального?
11. Как сравнить группу средних? В каких случаях этого сделать нельзя?
12. Однородность каких дисперсий проверяется в дисперсионном анализе? Для чего?
13. В каких единицах выражено НСР? Что это такое?

14. Почему дисперсионный анализ назван дисперсионным?
15. Что такое коэффициент корреляции? Какие связи он описывает? Когда он значим?
16. Что такое коэффициент детерминации? Что он показывает в множественной регрессии?
17. Что такое «остатки»? Зачем и как их исследуют?
18. Какова размерность коэффициентов в уравнении множественной регрессии? Что они обозначают? Как посчитать доверительный интервал для коэффициентов регрессии?
19. Какова размерность коэффициентов в уравнении множественной регрессии в стандартизированном виде? Что они обозначают и для чего они используются?
20. Коэффициент корреляции равен 0,23/0,7. Есть ли связь между признаками или же нет?

### Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенции	Шкала оценок
Глубокое знание программного и дополнительного материала, свободное ориентирование в учебной и монографической литературе, уверенное владение современными способами, методами статистического анализа, умение решать прикладные задачи, оценивать полученные результаты.	Повышенный уровень	Отлично
Хорошее знание программного материала, свободное владение приемами и методами обработки данных, обоснование применяемых методов для подсчета величин. Умение решать типовые задачи.	Базовый уровень	Хорошо
Слабое знание сущности предмета, нечеткое представление о выборе и применимости методов обработки информации, решение простейших задач.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Отсутствие понятийного аппарата, незнание методов и способов обработки данных наблюдений и измерений, навыков решения простейших задач.	—	Неудовлетворительно