

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета



**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ,  
МОДУЛЮ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ**

**МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

специальность переподготовки 9-09-0711-08 Инженерная экология  
квалификация: инженер

в соответствии с примерным учебным планом по специальности  
переподготовки, утвержденным 04 августа 2023 г. № 25-13/274

Разработчик программы:

С.А. Лаптенок, доцент кафедры ядерных и медицинских технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

Лаптенок  
С.А.

Лаптенок  
С.А.

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой дополнительного образования факультета повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

Протокол заседания от 23 июня 2025 г. № 11.

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

Протокол заседания от 25 июня 2025 г. № 9.

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная программа по дисциплине «Методы системного анализа и статистической обработки результатов измерений в природопользовании» входит в компонент учреждения образования по специальности переподготовки 9-09-0711-08 «Инженерная экология».

Изучение дисциплины «Методы системного анализа и статистической обработки результатов измерений в природопользовании» предусматривает получение базовых знаний в области системного подхода к объектам менеджмента и использования методов системного анализа этих объектов, реализуемыми средствами математической статистики

Эффективная профессиональная деятельность специалистов в области любого рода менеджмента не представляется возможной без надежного владения ими методологией в данной области. Поскольку системный подход, системный анализ, в том числе математические и, в частности, статистические методы, являются универсальными средствами познания, данная дисциплина может быть полезна при формировании профессионального мировоззрения как специалистов-практиков, так и исследователей в широкой области знания.

Предметом изучения дисциплины являются современные методы системного анализа и статистической обработки данных.

*Цель преподавания дисциплины:*

Ознакомление с основами теории систем, системного подхода и системного анализа, а также с современными подходами к статистической обработке экологических данных и соответствующими математическими методами.

**Основные требования к результатам учебной деятельности слушателей**

Требования, предъявляемые по окончанию изучения дисциплины «Методы системного анализа и статистической обработки результатов измерений в природопользовании». Слушатели должны:

знать:

- основы методологии системного подхода в приложении к объектам экологического менеджмента и характеристические особенности данных объектов, позволяющие эффективно использовать системный подход в указанной сфере;
- алгоритмы системного анализа, позволяющие использовать адекватные методы обработки данных для получения дополнительной информации;
- основные классы математических методов обработки экологических данных, позволяющих формировать адекватные модели объектов в целях

формирования обоснованного прогноза и принятия эффективных управленческих решений.

**Уметь:**

- представлять объекты в виде систем, обладающих функциональной целостностью;
- формализовать структурные элементы и функциональные связи между ними для эффективного использования математического аппарата для их адекватного описания;
- ставить и решать задачи, связанные с математической обработкой экологических данных;
- формировать алгоритмы обработки данных;
- использовать стандартное программное обеспечение для статистической обработки данных;
- использовать стандартное программное обеспечение, реализующее технологии ГИС, для визуализации экологических данных и решения пространственных задач.

**Формируемые компетенции в рамках учебной дисциплины**

Слушатель, освоивший содержание образовательной программы, должен обладать следующими специализированными компетенциями:

- СП7 уметь применять системный анализ и системный подход в описании природных объектов;
- СП8 Знать основные положения теории выбора и методы принятия технических решений.

Учебный материал в соответствии с программой преподносится в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы. В результате слушатели должны приобрести навыки анализа предметной области в терминах дисциплины, научиться осуществлять постановку и реализацию задач, связанных с предполагаемой профессиональной деятельностью.

Практические занятия предполагают получение практических навыков применения современных вычислительных и программных средств для решения задач системного анализа и комплексной математической обработки экологических данных.

Основные рекомендуемые *методы* (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам дисциплины: – активные методы, интерактивные методы реализуемые на лекционных занятиях; – учебно-исследовательская деятельность, творческий подход, реализуемые на практических занятиях.

Технические *средства* обучения: штатное аппаратно-программное обеспечение компьютерных классов (компьютеры, периферийное мультимедийное оборудование).

Дидактические средства:

- Программный комплекс SPSS.
- Программный комплекс ArcView GIS (3.0, 3.0a, 3.1, 3.2, 3.2a, 3.3) (ESRI).

- Модуль расширения ArcView Spatial Analyst (ESRI).
- Модуль расширения ArcView Network Analyst (ESRI).
- Модуль расширения ArcView 3D Analyst (ESRI).
- Модуль расширения ArcView ImageWarp (ESRI).
- Модуль расширения РАСТРПрофи.

Общий объем часов на изучение дисциплины составляет:

для очной вечерней формы обучения – 36 часов, из них 8 часов – лекционных занятий, 10 часов – практических занятий, 4 часа – лабораторных занятий, 14 часов – самостоятельная работа;

для заочной формы обучения – 36 часов, из них 10 часов – лекционных занятий, 8 часов – практических занятий, 18 часов – самостоятельная работа.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**  
**учебной дисциплины**  
**(очная вечерняя форма обучения)**

Наименования разделов, модулей дисциплин, тем и форм текущей, промежуточной аттестации	ВСЕГО	Количество учебных часов											Этапы	Кафедра		
		распределение по видам занятий														
		аудиторные занятия														
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	круглые столы, тематические дискуссии	лабораторные занятия	деловые игры	тренинги	конференции	самостоятельная работа						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
<b>Лекционный курс</b>																
Основы теории систем. Системный подход и системный анализ.	2	2											3			
Основные характеристики выборочных совокупностей. Статистические сравнения. Корреляция и регрессия.	4	2											2	3		
Дифференциальные и интегральные оценки. Методы обработки категоризованных данных.	4	2											2	3		
Моделирование	5	1											2	3		
Пространственный анализ. Географические информационные системы.	5	1											2	3		
<b>Практический курс</b>																
Основные характеристики выборочных совокупностей. Статистические сравнения. Корреляция и регрессия.	4		2										2	3		
Пространственный анализ. Географические информационные системы.	4		4										3			
Решение инженерных экологических задач методами и средствами системного анализа.	8		4				4						3			
Форма промежуточной аттестации по учебной дисциплине (модулю)													3			

Кафедра дополнительного образования

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**  
**учебной дисциплины**  
**(заочная форма обучения)**

Наименования разделов, модулей дисциплин, тем и форм текущей, промежуточной аттестации	ВСЕГО	Количество учебных часов											Кафедра	
		распределение по видам занятий												
		аудиторные занятия										самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Этапы	
<b>Лекционный курс</b>														
Основы теории систем. Системный подход и системный анализ.	2	2											1	
Основные характеристики выборочных совокупностей. Статистические сравнения. Корреляция и регрессия.	4	2											2 1	
Дифференциальные и интегральные оценки. Методы обработки категоризованных данных.	4	2											2 1	
Моделирование	4	2											2 1	
Пространственный анализ. Географические информационные системы.	4	2											2 1	
<b>Практический курс</b>														
Основные характеристики выборочных совокупностей. Статистические сравнения. Корреляция и регрессия.	4		2										2 1	
Пространственный анализ. Географические информационные системы.	4		4										2 1	
Решение инженерных экологических задач методами и средствами системного анализа.	4		2										4 1	
Форма промежуточной аттестации по учебной дисциплине (модулю)	Зачет												1	

Кафедра дополнительного образования

# **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ**

## **Раздел 1. Лекционный курс**

### **Тема 1.1. Основы теории систем. Системный подход и системный анализ.**

Системный анализ и системный подход в описании природных объектов. Понятие системы. Свойства систем. Общие принципы классификации систем. Системный подход как методологическая основа получения информации о сложных объектах. Системный анализ как методическая реализация методологии системного подхода. Основные вопросы теории систем. Классификация систем. Законы функционирования систем.

### **Тема 1.2. Основные характеристики выборочных совокупностей. Статистические сравнения. Корреляция и регрессия.**

Основные положения теории выбора и принятия решения. Методы принятия технических решений. Понятие генеральной и выборочной совокупности.

Основные характеристики выборочной совокупности: средняя арифметическая, медиана, мода, дисперсия, размах, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса.

Сравнение выборочных совокупностей по средней арифметической величине. Критерий Стьюдента. Сравнение выборочных совокупностей по медиане. Критерий Уилкоксона-Манна-Уитни. Сравнение с использованием критерия согласия Пирсона ( $\chi^2$ ) и критерия знаков. Сравнение объектов по ансамблю сопоставимых характеристик. Критерий подобия.

Основы корреляционно-регрессионного анализа.

### **Тема 1.3. Дифференциальные и интегральные оценки. Методы обработки категоризованных данных**

Оценка степени статистической подконтрольности. Метод восходящих и нисходящих серий. Интегральные методы оценки качества. Динамический процесс и динамический ряд. Цели, задачи и алгоритмы математического анализа динамических рядов. Аппроксимация, интерполяция, экстраполяция.

Понятие категоризации данных. Категоризация по качественным и количественным признакам. Формирование таблиц сопряженности. Насыщенные и ненасыщенные модели. Оценка корреляции сопряженных признаков методом логарифмов преобладания (логитов).

Анализ и прогноз динамики процессов с использованием свойств гиперболических функций.

## **Тема 1.4. Моделирование.**

Принципы и основы моделирования. Классификация моделей. Алгоритмирование. Математические модели в экологии. Численные методы, используемые при решении системных задач. Многокритериальные модели оптимального управления.

## **Тема 1.5. Пространственный анализ. Географические информационные системы.**

Визуализация данных и методы пространственного анализа. Растворная и векторная модели пространственного представления данных. Дискретная и непрерывная пространственные модели.

Понятие, структура и базовая классификация географических информационных систем (ГИС). Пространственное представление данных средствами ГИС. Решение сетевых пространственных задач средствами ГИС.

Представление экологических данных в форме 3D моделей средствами ГИС.

## **Раздел 2 Практические и лабораторные занятия**

### **Тема 2.1. Основные характеристики выборочных совокупностей.**

**Статистические сравнения. Корреляция и регрессия.**

1. Расчет основных характеристики выборочной совокупности (средней арифметической, медианы, моды, дисперсии, размаха, коэффициента асимметрии, коэффициента эксцесса) с использованием калькулятора и пакетов SPSS и S+.

2. Сравнение выборочных совокупностей по средней арифметической величине. Расчет критерия Стьюдента для различной формы представления данных с использованием калькулятора и пакетов SPSS и S+.

3. Расчет коэффициентов корреляции Пирсона, Кэндалла и Спирмэна с использованием калькулятора и пакетов SPSS и S+. Расчет коэффициентов уравнения линейной регрессии. Расчет коэффициентов множественной регрессии с использованием пакетов SPSS и S+.

## **Тема 2.2. Пространственный анализ. Географические информационные системы.**

Изучение структуры и управляющих элементов географической информационной системы ArcView GIS.

Преобразование растровых данных в векторные

Геокодирование объектов точечного, линейного и полигонального типов.

### **Тема 2.3. Решение задач экологического менеджмента средствами системного анализа.**

Анализ объектов методом непрерывного пространственного моделирования средствами комплекса ArcView GIS и модуля Spatial Analyst.

Решение сетевых пространственных задач средствами комплекса ArcView GIS и модуля Network Analyst.

Анализ трехмерных объектов средствами комплекса ArcView GIS, модулей Spatial Analyst и 3D Analyst.

Пространственная оценка воздействия объектов на окружающую среду средствами комплекса ArcView GIS и модулей ImageWarp и РАСТРПрофи.

#### **Темы для самостоятельного изучения.**

1. Дифференциация терминов системного анализа и системного подхода.
2. Основы корреляционно-регрессионного анализа.
3. Аппроксимация, интерполяция, экстраполяция.
4. Анализ и прогноз динамики процессов с использованием свойств гиперболических функций.
5. Оценка корреляции сопряженных признаков методом приращения информации.
6. Географические информационные системы.

Требования к проверке результатов самостоятельной работы:

В качестве *форм и методов контроля самостоятельной работы* слушателей используются: опросы на практических занятиях, защита практических работ и др.

# **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СЛУШАТЕЛЕЙ**

## **Вопросы для проведения зачета**

1. Определение системы.
2. Статистические сравнения.
3. Таблицы сопряженности.
4. Средняя арифметическая, медиана, мода.
5. Классификация систем.
6. Критерий Уилкоксона-Манна-Уитни.
7. Оценка статистической подконтрольности.
8. Критерий знаков.
9. Двусторонний секвенциальный критерий.
10. Генеральная и выборочная совокупности.
11. Критерий подобия.
12. Критерий согласия Пирсона.
13. Характеристики вариационного ряда.
14. Методы оценки корреляции сопряженных признаков.
15. Проверка статистических гипотез.
16. Дисперсия.
17. Корреляция.
18. Множественная регрессия.
19. Параметры распределения.
20. Прогнозирование. Средняя геометрическая величина.
21. Принципы и основы моделирования.
22. Классификация моделей.
23. Понятие алгоритмирования, виды.
24. Математические модели в экологии.
25. Численные методы, используемые при решении системных задач.
26. Метод логарифмов преобладания.
27. Непрерывные и дискретные пространственные модели.
28. Структура геоинформационных систем.
29. Понятие географических информационных систем.
30. Метод приращения информации.
31. Классификация геоинформационных систем.
32. Метод экспертного оценивания.
33. Классы сетевых пространственных задач в экологическом менеджменте.
34. Параметры нормального распределения.
35. Методы отбора экспертов.

## **ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ**

### *Основные источники*

1. Математические методы обработки данных в экологии : учеб. пособие / А. А. Волчек, Ю. Ю. Гнездовский, Л. В. Образцов [и др.]. – Минск : РИВШ, 2018. – 212 с.
2. Лаптёнок, С. А. Пространственное моделирование экологических процессов средствами географических информационных систем : учебно-методические пособие / С. А. Лаптёнок. - Минск : ИВЦ Минфина, 2020. - 116 с.

### *Дополнительные источники*

1. Абламейко, С. В., Геоинформационные системы: создание цифровых карт / Абламейко, С.В., Апарин, Г.П., Крючков, А.Н. // – Мн., 2000, – 265 с.
2. Антонов, А.В. Системный анализ : учебник . - 4, перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2020 .— 366 с.
3. Белюченко, И. С. Анализ данных и математическое моделирование в экологии и природопользовании / Смагин А.В., Попок Л.Б., Попок Л.Е.// Изд-во КубГАУ- Краснодар, 2015, - 312 с.
4. Бубнов, В. П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа / В.П. Бубнов, С.В. Дорожко , С.А. Лаптенок. –Минск: БНТУ, 2009, –266 с.
5. Волчек, А. А. Математические модели в природопользовании. Учебное пособие / А.А. Волчек, П.В. Шведовский, Л.В. Образцов. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2002. – 282 с.
6. ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 14 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – 166 с.
7. Марченко, В. М. Методы оптимизации и статистической обработки результатов измерений : учебное пособие для студентов вузов по физико-химическим и инженерно-техническим специальностям / В. М. Марченко, Т. Б. Копейкина. - Минск : БГТУ, 2007. - 140 с.
8. Моделирование экологических процессов : учебно-методическое пособие / С. А. Лаптёнок [и др.] – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 144 с.
9. Морзак, Г. И. Пространственный анализ в промышленной и социальной экологии / Г. И. Морзак, С. А. Лаптёнок. - Минск : БГАТУ, 2011. – 210 с.
10. Основы геоэкологии и геоинформационных систем. Базовые средства ArcViewGIS3.x : лабораторные работы для студентов технических и технологических вузов / сост. С. А. Лаптенок ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Экология". – Минск : БНТУ, 2012. – 24 с

11. Шипулин, В. Д. Основные принципы геоинформационных систем: учебн. пособие / В.Д. Шипулин; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2010. – 337 с.