

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ  
РЕВОЛЮЦИИ И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор академии

А.В. Колмыков

2023 г.

Регистрационный № УД-А-106/Уч.

**МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности**

**7-06-0521-01 Экология**

2023 г.

Учебная программа составлена в соответствии с примерным учебным планом №7-06-05-007/пр. от 20.12.2022г. по специальности 7-06-0521-01 Экология, учебными планами: МД-0521-01-2-23у от 29.03.2023г., МЗ-0521-01-2-23у от 29.03.2023г.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

И. Г. Пугачева, доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Т. В. Никонович, доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат биологических наук, доцент;

Н. А. Невестенко, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Е.Л. Андроник, заведующий лабораторией селекции льна масличного Республиканского научно-производственного дочернего унитарного предприятия «Институт льна», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

М.О. Моисеева, заведующий кафедрой кормопроизводства учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

кафедрой сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 12 от 27.06.2023 г.);

методической комиссией агротехнологического факультета учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

(протокол № 10 от 27.06.2023 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 10 от 28.06.2023 г.).

Ответственный за редакцию: И. Г. Пугачева

Ответственный за выпуск: И. Г. Пугачева

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Знания в области теории и практические навыки использования методов обработки экологических данных являются незаменимым элементом при подготовке магистрантов по специальности «Экология».

Цель учебной дисциплины – формирование знаний, умений и навыков в области теории и практики использования методов обработки экологических данных.

В задачи учебной дисциплины входит подготовка магистранта со знаниями методов изучения экологических систем, способного использовать математические модели для организации знаний об экосистемах, что позволит выбрать оптимальную стратегию выполнения экспериментов и получения достоверных данных.

Учебная дисциплина «Методы обработки экологических данных» тесно взаимосвязана с учебными дисциплинами: «Основы информационных технологий», «Теория и методология экологических исследований», «Компьютерная визуализация экологической информации».

В результате изучения учебной дисциплины магистрант должен развить и закрепить углубленную профессиональную компетенцию: проводить количественное описание экологических процессов и статистическую обработку данных экологических исследований, обобщить и систематизировать результаты выполненных работ, используя современную вычислительную технику; универсальную компетенцию: решать научно-исследовательские и инновационные задачи на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

*знать:*

– основные виды экологической информации, типы и источники экологических данных;

– основные методы статистического и пространственного анализа экологических данных;

– теоретические основы наиболее эффективных и широко применяемых в экологических исследованиях методов обработки данных;

*уметь:*

– выполнять основные виды (корреляционный, регрессионный, дисперсионный, факторный, кластерный) статистического и пространственного анализа экологической информации;

– анализировать и интерпретировать результаты обработки экологической информации;

*приобрести навык:*

– обоснованного выбора и корректного использования методов обработки и анализа экологических данных;

– работы с программными пакетами и средствами, применяемыми при обработке и анализе экологической информации.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине магистрант должен не только приобрести практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

На изучение учебной дисциплины очной формы получения образования отводится 90 часов, в том числе: 48 часа аудиторных занятий. Распределение аудиторных занятий по видам деятельности: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 32 часа. На самостоятельную работу отведено 42 часа. Учебная дисциплина преподается в 1 семестре на 1 курсе.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

На изучение учебной дисциплины заочной формы получения образования отводится 90 часов, в том числе 12 часов – аудиторные занятия. Распределение аудиторных занятий по видам деятельности: лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 8 часов. На самостоятельную работу отведено 78 часов. Учебная дисциплина изучается на 1 курсе.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **2.1. Экологическая информация и особенности ее обработки**

Виды и классификация экологической информации. Типы и источники экологических данных. Экосистема как объект экологических исследований. Принцип выделения границ исследований. Система показателей экологической статистики. Сущность и цели обработки данных. Этапы проведения исследований и обработки данных. Критерии качества экологической информации. Комплексный экологический мониторинг как метод изучения динамики экосистем. Программные средства, применяемые при обработке и анализе экологической информации. Основные этапы развития применения статистических методов для обработки данных в экологии. Современные достижения в области моделирования экологических процессов.

### **2.2. Методы статистического анализа экологических данных**

Элементы общей теории ошибок. Генеральная совокупность и выборка. Эмпирические и теоретические распределения. Теория оценок. Статистические гипотезы. Элементарные статистические характеристики. Проверка данных на соответствие закону нормального распределения. Способы оценки сходства таксономического состава экосистем. Оценка экологического разнообразия. Математико-вероятностные модели в экологии. Корреляционный анализ. Выборочный коэффициент корреляции. Выявление и интерпретация значимых корреляционных связей. Регрессионный анализ. Уравнения линейной регрессии. Доверительные интервалы уравнений регрессии. Полиномиальные и нелинейные модели регрессии. Модель множественной регрессии и выбор ее спецификации. Определение значимости различий между выборками объектов исследований. Дисперсионный анализ. Линейные модели дисперсионного анализа. Структура модельных объектов дисперсионного анализа. Оценка адекватности модели дисперсионного анализа. Факторный анализ. Установления факторной нагрузки, факторной структуры. Объяснение результатов, интерпретация факторов. Группировка объектов исследования при помощи кластерного анализа. Дискриминантный анализ. Оценка достоверности дискриминации. Статистический анализ экологической информации с использованием пакетов прикладных программ.

### **2.3. Пространственный анализ и моделирование экологических данных**

Пространственные экологические данные. Основные задачи анализа пространственных экологических данных. Этапы анализа и моделирования пространственных данных. Основные понятия и термины геостатистики. Пространственная непрерывность. Геостатистическое оценивание. Дискретные и непрерывные модели представления пространственных данных. Принципы геостатистического анализа. Современные направления развития пространственной статистики.

Основы дистанционного зондирования Земли. Модели данных дистанционного зондирования Земли. Основные этапы обработки спутниковых изображений. Спектральные преобразования. Пространственные преобразования. Коррекция и калибровка. Радиометрическая коррекция изображения. Геометрическая коррекция изображения. Совмещение и объединение изображений. Анализ данных дистанционного зондирования. Методики обработки материалов данных дистанционного зондирования Земли. Пакеты прикладных программ по обработке данных дистанционного зондирования Земли. Системы обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли *ERDAS Imagine, ENVI, ER Mapper, Multispec*; интегрированная ГИС *IDRISI*. Применение данных дистанционного зондирования в экологии и природопользовании.

#### **2.4. Экологическое картографирование**

Теоретические основы экологического картографирования. Роль экологического картографирования в науке и практике. Экологическое и эколого-географическое картографирование. Методология экологического картографирования. Территориальная интерпретация эколого-географической информации. Картографическая семантика в экологическом картографировании. Объекты экологического картографирования и их локализация. Способы картографических изображений и их использование в экологическом картографировании. Содержание и методы составления экологических карт. Комплексное экологическое картографирование. Прикладное экологическое картографирование и использование экологических карт. Экологическое картографирование при обосновании инвестиций. Картографическое обеспечение инженерно-экологических изысканий. Картографическая составляющая ОВОС. Экологические аспекты кадастрового картографирования. Географический анализ загрязнения.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма получения высшего образования: очная

№ п/п	Название темы	Всего аудиторных часов	В том числе		Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
			лекции	лабораторные занятия		
1	Экологическая информация и особенности ее обработки	12	6	6	8	Устный опрос
2	Методы статистического анализа экологических данных	20	4	16	24	Защита отчетов по лабораторным работам
3	Пространственный анализ и моделирование экологических данных	10	4	6	6	Коллоквиум, защита проекта
4	Экологическое картографирование	6	2	4	4	Коллоквиум
	<b>Итого</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>экзамен</b>

Форма получения высшего образования: заочная

№ п/п	Название темы	Всего аудиторных часов	В том числе		Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
			лекции	лабораторные занятия		
1	Экологическая информация и особенности ее обработки	3	1	2	14	Устный опрос
2	Методы статистического анализа экологических данных	5	1	4	38	Защита отчетов по лабораторным работам
3	Пространственный анализ и моделирование экологических данных	2	1	1	14	Коллоквиум, защита проекта
4	Экологическое картографирование	2	1	1	12	Коллоквиум
	<b>Итого</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>78</b>	<b>экзамен</b>

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Литература

#### Основная

1. Стурман, В. И. Экологическое картографирование: учеб. пособие / В.И. Стурман. – Москва: АспектПресс, 2003. – 251 с.
2. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: учеб. пособие / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощеков – М.: Академический Проект, 2005. – 349 с.

#### Дополнительная

3. Методы экологических исследований. Основы статистической обработки данных: учебно-методическое пособие / [Р.М. Городничев и др.]. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2019 – 94 с. ISBN 978-5-7513-2737-8
4. Методы экологических исследований : учеб. пособие / Ю. Ю. Никифорова, О. А. Мельник. – Краснодар : КубГАУ, 2022 – 87 с. ISBN 978-5-907550-36-0
5. Многомерные методы статистического анализа данных в экологии / Т.Н. Давиденко, О.Н. Давиденко, В.В. Пискунов, В.А. Болдырев : Учеб. пособие для студ. биол. фак., обучающихся по спец. 013100 «Экология», 011600 «Биология». – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2006 – 56 с.: ISBN 5–292–03604–8
6. Шелутко В.А. Методы обработки и анализа геоэкологической информации: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2020 – 296 с.
7. Анализ данных и математическое моделирование в экологии и природопользовании / И.С. Белюченко и др. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2015. – 312 с.
8. Геоestatистика: теория и практика / В.В. Демьянов, Е.А. Савельева. – М.: Наука, 2010. – 327 с.
9. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / Чандра А.М., Гош С.К. – Москва: Техносфера, 2008. – 312 с.
10. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Шовенгердт Р.А. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
11. Математические методы обработки данных в экологии / А.А. Волчек и др. - Минск: РИВШ, 2018. – 210 с.
12. Экологическое картографирование / Г.Н. Огуреева, Т.В. Котова, Л.Г. Емельянова. – Москва: Юрайт, 2018. – 155 с.
13. Дистанционное зондирование земли /Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
14. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование / К.В. Шошина, Р.А. Алешко. - Архангельск: ИД САФУ, 2014. – Ч. 1. – 76 с.

### 4.2 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа магистрантов по учебной дисциплине «Методы обработки экологических данных» предполагает углубленное изучение

основной и дополнительной литературы, выполнение практических работ и исследовательских проектов.

Для организации самостоятельной работы магистрантов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии, разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к практическим занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, в т.ч. вопросы для подготовки к экзамену, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Эффективность самостоятельной работы магистрантов проверяется в ходе промежуточного и итогового контроля знаний. Для общей оценки качества усвоения магистрантами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

### **4.3 Рекомендуемые формы и методы обучения**

При изучении учебной дисциплины «Методы обработки экологических данных» рекомендуется активно использовать практико-ориентированный подход, методы проектного и группового обучения.

*Практико-ориентированный подход* предполагает: освоение содержания образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности; ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых проектов, развитие предпринимательской культуры; использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

*Метод проектного обучения* представляет собой способ организации учебной деятельности магистрантов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта. Указанный метод предполагает приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

*Метод группового обучения* представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

### **4.4 Перечень рекомендуемых средств диагностики компетенций**

Для текущего контроля качества усвоения знаний рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устные опросы;
- проведение коллоквиума;

– проверка практических работ.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) и лабораторных занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики. Оценка проекта включает актуальность исследуемой проблемы, корректность используемых методов исследования, привлечение знаний из различных областей, организация работы группы, практико ориентированность полученных результатов. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

#### **4.5 Примерный перечень лабораторных занятий**

1. Выполнение географического анализа загрязнения природной среды: изучить территориальную структуру загрязнения, проанализировать пространственно-временную динамику загрязнения. Результаты оформить в виде отчета.
2. Составление выборок, подготовка данных для статистической обработки, проверка принадлежности крайних минимальных и максимальных значений к выборке.
3. Расчет статистических параметров распределения анализируемых геоэкологических параметров. Построение и анализ гистограмм, проверка статистических гипотез распределения с использованием программных продуктов *STATISTICA* и *Excel*.
4. Оценка значимости различия значений математического ожидания и дисперсии распределения по параметрическим и непараметрическим критериям.
5. Построение и анализ диаграмм рассеяния.
6. Изучение корреляционных зависимостей (парная, ранговая корреляция, факторный и кластерный анализ).
7. Интерпретация результатов статистической обработки экологических данных.
8. Выполнение регрессионного анализа экологических данных. Результаты оформить в виде отчета, сделать выводы об особенностях использования регрессионного анализа при статической обработке экологических данных.
9. Выполнение дисперсионного анализа экологических данных (согласно вариантов). Результаты оформить в виде отчета, сделать выводы об особенностях использования дисперсионного анализа при статической обработке экологических данных.
10. Выполнение кластерного анализа экологических данных. Результаты оформить в виде отчета, сделать выводы об особенностях использования кластерного анализа при статической обработке экологических данных.
11. Выполнить пространственное моделирование экологических данных с использованием детерминированных методов пространственной интерполяции. Результаты оформить в виде отчета, сделать выводы об особенностях использования дискриминантного анализа при статической обработке экологических данных.

12. Выполнить на выбор анализ и (или) пространственное моделирование экологических данных с использованием одного из модулей программного пакета ArcGIS: 3D Analyst, Network Analyst, Spatial Analyst. Результаты оформить в виде отчета, сделать выводы об особенностях использования геоинформационного пакета ArcGIS при статической обработке экологических данных.

13. Подобрать набор космических снимков из каталога Геологической службы США (<https://www.usgs.gov>). Выполнить анализ спектральной информации методом главных компонент. Выполнить преобразование и анализ пространственной информации снимка с помощью фильтров. Сделать выводы об особенностях спектральных и пространственных преобразований данных дистанционно зондирования Земли.

14. Подобрать набор космических снимков из каталога Геологической службы США (<https://www.usgs.gov>). Выполнить тематический (согласно вариантов) анализ космических снимков. Сделать выводы об особенностях анализа данных дистанционно зондирования Земли.

15. Подобрать набор космических снимков из каталога Геологической службы США (<https://www.usgs.gov>). Выполнить классификацию изображений без эталонов. Присвоить названия классам и выполнить перекодировку тематического растра. Создать набор обучающих выборок (эталонных). Оценить качество эталонов. Выполнить контролируемую классификацию снимка. Генерализировать полигоны классифицированного растрового изображения. Сделать выводы об особенностях тематической классификации данных дистанционно зондирования Земли.

16. Изучить способы картографических изображений, применяемых на экологических картах: способ значков, способ линейных знаков, способ качественного фона, способ изолиний, способ ареалов, точечный способ, способ локализованных диаграмм, способ картодиаграмм, знаки движения. Оценить степень соответствия выбранных способов картографических изображений особенностям отображаемых явлений на примере 4-5 экологических карт Национального атласа Беларуси. Результаты оценки оформить в виде таблицы, сделать выводы.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Основы информационных технологий		_____ подпись                      И. О. Ф. _____ дата	Протокол № ____ от _____
2. Теория и методология экологических исследований	Сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии	_____ подпись                      И. О. Ф. _____ дата	Протокол № ____ от _____
3. Компьютерная визуализация экологической информации	Сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии	_____ подпись                      И. О. Ф. _____ дата	Протокол № ____ от _____

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

---

(название кафедры)

(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой

---

(ученая степень, ученое звание)

---

(подпись)

---

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

---

(ученая степень, ученое звание)

---

(подпись)

---

(И.О.Фамилия)