

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
Академик РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИИ**

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

---

**Направление подготовки:**  
**05.03.06 «Экология и природопользование»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Экологическая биогеография»**  
**«Геохимия ландшафтов и география почв»**  
**«Рациональное природопользование»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол № 15, дата 3.10.2022 г.)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Экология и природопользование» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол № 1383).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована без разрешения факультета.*

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к базовой части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по курсам «Математика», «Экология с основами биогеографии».
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p><b>ОПК-1</b> (<i>формируется частично</i>) Способен использовать базовые знания математики и естественных наук (физики, химии, биологии, экологии и наук о Земле) при решении задач в области экологии и природопользования</p>	<p><b>ОПК-1. 1.</b> Применяет методологию, теоретические концепции статистики, пространственной статистики и пространственного анализа в научной и практической деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> основы статистической и математической обработки данных, математического моделирования, геостатистический анализ, принципы моделирования в биогеографии и популяционной динамике. <b>Уметь:</b> проводить оценку биоразнообразия с помощью математических методов, моделировать состояние и динамику биоразнообразия, прогнозировать изменение разнообразия под воздействием различных природных и антропогенных факторов в различных географических условиях. <b>Владеть:</b> навыками математического анализа географической информации о природных особенностях регионов мира для оценки их природно-ресурсного потенциала и прогноза возникновения возможных геоэкологических проблем, математическими методами анализа и оценки биоразнообразия на разных уровнях территориальной дифференциации биосферы, математическими методами мониторинга и охраны биоразнообразия.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з. е., в том числе 26 академических часов на контактную работу с преподавателем, 46 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.
5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Практические занятия	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Выполнение практической работы	Всего
Тема 1. Основные положения математической и статистической обработки данных.	8		2		2	2	4	6
Тема 2. Корреляционный анализ	10		2	2	4	2	4	6
Тема 3. Регрессионный анализ.	10		2	2	4	2	4	6
Тема 4. Программная среда R и основы работы в ней	10		2	2	4	2	4	6
Тема 5. Пространственная статистика.	10		2	2	4	2	4	6
Тема 6. Понятие кластерного анализа. Основные методы кластерного анализа	10		2	2	4	2	4	6
Тема 7. Экологические ниши и их моделирование	10			4	4	2	4	6
Промежуточная аттестация: зачет	4	<i>Устный зачет</i>				4		
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>26</b>				<b>46</b>		

## **Содержание лекций, семинаров**

### ***Содержание лекций***

Не предусмотрены.

### ***Содержание семинаров***

#### **Тема 1. Основные положения математической и статистической обработки данных.**

Основные понятия математической статистики. Генеральная совокупность и выборка. Меры центральной тенденции и дисперсии данных. Среднее, мода, медиана. Стандартное отклонение, дисперсия. Доверительный интервал. Визуальное представление набора данных. Диаграмма и гистограмма. Распределения. Правило Чебышева. Основные виды распределений и их применение. Z-оценки. Проверка нормальности распределений. Оценка гипотез и критерий статистической значимости. Центральная предельная теорема и ее следствия.

#### **Тема 2. Корреляционный анализ.**

Понятие корреляции. Корреляция или причинность. Необходимость проверки нормальности распределения и основные критерии нормальности. Коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена. Основные приемы оценки корреляции с помощью MS Excel: функции в ячейках, пакет анализа данных. Шкала Чеддока. Определение статистической значимости коэффициента корреляции. Критерий Стьюдента и способы его вычисления. Понятие мультиколлинеарности переменных.

#### **Тема 3. Регрессионный анализ.**

Регрессия как один из основных методов количественного анализа в науке. Основные понятия: зависимая и независимые переменные, регрессионные коэффициенты, ошибка. Тренды и их статистическая значимость. Способы расчета регрессии в MS Excel. Примеры регрессии в биогеографии и экологии. Однофакторная и многофакторная регрессия. Нормальность распределения ошибки регрессии.

#### **Тема 4. Программная среда R. Основные принципы работы.**

Программная среда R и основные принципы работы в ней. Загрузка и установка в R. Понятие о пакетах анализа. Формат представления данных с плавающей запятой. Подготовка и импорт данных в R. Вычисление основных статистических метрик с помощью R. Составление модели линейной регрессии в R. Вывод и интерпретация результатов регрессии в R.

#### **Тема 5. Пространственная статистика.**

Понятие пространственной статистики и аналогия с математической статистикой. Описательная и аналитическая статистика. Основные меры центральной тенденции и рассеяния данных: средний центр, стандартное расстояние, эллипс направленного распределения. Инструменты плотности и их использование: визуализация данных и подготовка пространственных переменных для регрессионного анализа. Понятие автокорреляции. Понятие кластерного анализа: горячие и холодные точки, основные приемы их выявления. Геоистатистика и обзор ее основных методов.

#### **Тема 6. Понятие кластерного анализа. Основные методы кластерного анализа.**

Понятие пространственных и пространственно-временных кластеров. Статистические основы выявления кластеров в данных: случайное распределение и автокорреляция данных. Анализ группировки. Метод K-средних и K-медоидов. Выявление и визуализация пространственных кластеров с помощью ArcGIS. Понятие пространственно-временного куба. Понятие сканирующей статистики.

## **Тема 7. Методы моделирования ареалов. Подготовка данных и работа с программой MaxEnt.**

Понятие ареала как экологической ниши. Эволюция понятия. Основные принципы моделирования экологических ниш. Понятие гиперобъема. Применимость принципа для моделирования ареала видов и нозоареалов заболеваний. Методики выявления экологических ниш: регрессионные методы, GARP, Maxent и др. Принцип максимальной энтропии. Требования к подготовке данных для работы в Maxent. Интерпретация выходных метрик Maxent: AUC, оценка относительного вклада переменных, кривые отклика. Экспорт и визуализация данных в ГИС.

### ***План проведения семинаров***

1. Обсуждение основных понятий математической статистики. Примеры использования для анализа наборов данных
2. Применение регрессионных моделей. Примеры из практики студентов.
3. Обсуждение возможностей применения методов и инструментов пространственной статистики в практике студентов.

### **7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):**

#### *Примерный перечень тем для самостоятельной работы студентов*

1. Проанализировать предоставленный набор числовых данных методами математической статистики и составить визуальный отчет с помощью стандартных средств MS Excel
2. С помощью MS Excel оценить наличие корреляции между рядами предоставленных данных.
3. Составить регрессионное уравнение, объяснить полученные зависимости, спрогнозировать результат в точках с отсутствием данных.
4. Используя предоставленный набор данных, импортировать его в R, выделить основные закономерности и составить уравнение множественной регрессии.
5. С помощью ArcGIS выявить основные закономерности распространения заболевания, а также визуализировать горячие точки (кластеры) регионов по заболеваемости на основе предоставленных данных.
6. С использованием предоставленных данных составить модель в Maxent для выявления потенциального нозоареала природноочагового заболевания. Объяснить полученные закономерности.

#### *Примерный перечень вопросов для зачета*

1. Основные статистические метрики, используемые для описания данных в научном исследовании
2. Объяснить разницу между коэффициентами корреляции Пирсона и Спирмена, привести примеры применимости
3. Объяснить основные компоненты линейной регрессии. Привести примеры ее применения
4. Провести аналогии между методами пространственной и математической статистики.
5. Объяснить понятие автокорреляции. Привести примеры наличия и отсутствия автокорреляции в пространственных явлениях.
6. Дать понятие геостатистики. Назвать и объяснить основные методы геостатистики.

7. Дать определение кластеров. Привести примеры наличия кластеризации данных.
8. Объяснить понятие экологической ниши. Привести примеры.
9. Применимость методов моделирования экологических ниш для моделирования ареалов и нозоареалов.
10. Основные интернет-ресурсы для поиска экологических данных.
11. Алгоритм создания простых карт и картосхем при помощи ArcGIS.
12. Компьютерные форматы хранения числовых данных.
13. Нормальность распределения: где и почему она важна.
14. Оценка направления и силы корреляционной связи. Достоверность коэффициента корреляции
15. Наиболее простой способ проверки нормальности распределения.
16. Пояснить статистические метрики результатов моделирования Maxent
17. Привести примеры применения инструментов пространственной плотности. Перечислить основные методы вычисления плотности
18. Визуализация набора данных с помощью «ящика с усами»: объяснить компоненты графика
19. Объяснить понятие горячих и холодных точек в распределении пространственных данных. Привести примеры
20. Объяснить понятие критерия статистической значимости  $p$ .

### Шкала и критерии оценивания

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – *зачет* (в устной форме).

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

### 8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

*Основная литература:*

1. Куролап С.А., Нестеров Ю.А., Фетисов Ю.М. и др. Практикум по информационным технологиям / под ред. В.С. Тикунова и С.А. Куролапа. – Воронеж: Воронежский гос. университет, 2008, 266 с.
2. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др. Геоинформатика: Учебник для студентов ВУЗов / под ред. В.С. Тикунова. – М.: Изд. Центр «Академия», 2005, 480 с.
3. Основы геоинформатики (в 2-х кн.) / колл. авторов под ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский Центр «Академия», 2004, 832 с.

*Дополнительная литература:*

1. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М., 1997, 64 с.
2. Берлянт А.М., Ушакова Л.А. Картографические анимации. – М.: Научный мир, 2000, 108 с.
3. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. 656 с.
4. Бышов Н.В., Бышов Д.Н., Бачурин А.Н., Олейник Д.О., Якунин Ю.В. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013 – 169 с.
5. Востокова А.В., Кошель С.М., Ушакова Л.А. Оформление карт. Компьютерный дизайн: Учебник / под ред. А.В. Востоковой. – М.: Аспект Пресс, 2000, 288 с.
6. Гиляров, А.М. Популяционная экология: учеб. пособие / А.М. Гиляров. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.
7. Кольцов А.С. Геоинформационные системы: учеб. пособие / А.С. Кольцов, Е.Д. Федорков. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. 203 с.
8. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. - Учебное пособие. - Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского Университета, 1995, 148 с.
9. Лурье И.К., Косиков А.Г., Ушакова Л.А. и др. Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС / Дистанционное зондирование и ГИС. – М.: Научный мир, 2004, 148 с.
10. Огуреева Г.Н., Котова Т.В., Емельянова Л.Г. Экологическое картографирование. Биогеографические подходы: Учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2010, 160 с.
11. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере / под ред. В.Э. Фигурнова. – М.: ИНФРА-М, 1998, 528 с.
12. Филандышева Л.Б., Е.С. Сапьян Е.С. Статистические методы в географии: учебно-методическое пособие. – Томск.: Издательский Дом ТГУ, 2015. – 216 с.
13. Phillips, S.J. Maximum entropy modeling of species geographic distributions / S.J. Phillips, R.P. Anderson, R. E. Schapire // Ecological Modelling. – 2006. – Vol.190. – P. 231-259.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
  - ПО для создания электронных таблиц MS Excel
  - ПО для правки электронных текстов MS Word

- ПО для создания электронных презентаций MS PowerPoint
- ГИС ArcGIS
- Нелицензионное ПО
  - ГИС QGIS
  - ПО для моделирования экологических ниш MaxEnt
  - Статистически ориентированная программная среда R
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
  - реферативная база данных издательства Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
  - онлайн учебные ресурсы Esri ArcGIS: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/get-started/introduction/arcgis-tutorials.htm>
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
  - поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
  - электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)
  - электронный портал климатических данных [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)
  - портал Esri ArcGIS в России – [www.esri-cis.ru](http://www.esri-cis.ru)
  - портал BioDat - [www.biodat.ru](http://www.biodat.ru)
- Описание материально-технической базы

Специализированный кабинет (компьютерный класс), оснащенный компьютерами, объединенными в локальную сеть, с выходом в Интернет; оборудование для демонстраций (цифровой проектор с экраном или телевизор).

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): ответственный за курс — Алексей Владимирович Бобров, профессор, д. б. н.; преподаватель: Фёдор Игоревич Коренной, с. н. с., к. г. н.

11. Разработчик программы: Фёдор Игоревич Коренной, с. н. с., к. г. н., кафедра биогеографии.