

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт экологии и природопользования



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины** Градиентный анализ и ординация

Направление подготовки: 05.04.06 - Экология и природопользование  
Профиль подготовки: Системная экология, цифровые и дистанционные методы  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Чижикова Н.А. (кафедра моделирования экологических систем, отделение экологии), Nelly.Chizhikova@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	Способен планировать и вести научно-исследовательскую деятельность по решению экологических задач аналитического характера, управлять исследовательской группой и результатами исследований

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

знать современные методы анализа данных в области экологии и природопользования

Должен уметь:

уметь проводить анализ данных для решения задач в области экологии и природопользования

Должен владеть:

владеть научной терминологией и вычислительными инструментами в области анализа данных

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания и навыки в своей научно-практической деятельности, нести ответственность за результаты своей работы

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 05.04.06 "Экология и природопользование (Системная экология, цифровые и дистанционные методы)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 31 часа(ов), в том числе лекции - 10 часа(ов), практические занятия - 20 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 41 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.	3	2	0	4	0	0	0	8

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
2.	Тема 2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).	3	2	0	5	0	0	0	9
3.	Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS).	3	2	0	5	0	0	0	9
4.	Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA).	3	2	0	4	0	0	0	9
5.	Тема 5. Прокрустова корреляция	3	2	0	2	0	0	0	6
	Итого		10	0	20	0	0	0	41

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.

Определение ординации. Ординация как метод градиентного анализа. Представление данных в виде многомерного облака точек. Ординация как метод снижения размерности и визуализации многомерных данных. Четыре базовых метода ординации: метод главных компонент, метод главных координат, анализ соответствия, ординация с удаленным трендом. Прямая и непрямая ординация. Понятие нелинейной структуры данных, коэноклины. Эффект арки, эффект подковы и их причина.

Программное обеспечение для ординации (Canoco, среда R: пакеты vegan, labdsv, stats).

##### Тема 2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).

Анализ главных компонент (Principal component analysis, PCA), собственные числа и собственные вектора, интерпретация. Модификации метода главных компонент: стандартизация и центрирование, их необходимость и случаи использования. Непрямая и прямая ординация. Анализ избыточности (Redundancy analysis, RDA).

Реализация метода главных компонент и анализа избыточности в среде R (функции princomp, rcomp, пакет vegan, функция rda).

##### Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS).

Метод главных координат: метрическое и неметрическое многомерное шкалирование. Метрики сходства и различия и их влияние на шкалирование: евклидово расстояние, манхеттанское расстояние (блочное), коэффициент Гувера (Gower), индекс Брэя-Кертиса (Bray-Curtis), индекс Кульчинского, индекс Мориситы (Morisita), индекс Хорна (Horn), индекс Жаккара (Jaccard). Стресс, график Шепарда (Shepard plot). Аналог прямой ординации для метода главных координат.

Реализация метода главных координат в среде R (функции isoMDS, metaMDS).

##### Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA).

Анализ соответствия: основы метода. Непрямая ординация: анализ соответствия (Correspondence analysis). Прямая ординация: канонический анализ соответствия (Constrained Correspondence analysis), одновременная ординация двух матриц (видов и условий среды). Реализация анализа соответствия в среде R (пакет vegan, функция cca).

##### Тема 5. Прокрустова корреляция

Сравнение ординаций для анализа изменений, прокрустова корреляция: определение, требуемые данные, принципы метода, анализ результата с помощью графика и с помощью статистики отклонений. Тестирование "неслучайности", значимости различий двух конфигураций. Реализация прокрустовой корреляции в среде R (пакет vegan, функция procrustes, protest, mantel).

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Страница с упражнениями для экологов на сайте университета Монтаны - <http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R/>

Страница Ordination methods for ecologists университета Оклахомы - <http://ordination.okstate.edu/>

Страница пакета vegan для многомерного анализа данных - <http://vegan.r-forge.r-project.org/>

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

КонсультантПлюс - <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi>

Научная библиотека издательства Springer - <http://link.springer.com>

Страница с упражнениями для экологов на сайте университета Монтаны - <http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R/>

Статистическая система R - <http://www.R-project.org>

Страница Ordination methods for ecologists университета Оклахомы - <http://ordination.okstate.edu/>

Страница пакета vegan для многомерного анализа данных - <http://vegan.r-forge.r-project.org/>

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Методические указания для лекционных занятий: -рекомендуется вести конспектирование учебного материала -обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации -желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. -задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Рекомендации для подготовки к практическим занятиям: -изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях и Интернете. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. -дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. - требуется установить приложения среды статистического анализа R ( <a href="https://www.r-project.org/">https://www.r-project.org/</a> )/ - желательно использовать графическую среду для написания кода (Tinn-R, R-studio и др.), хотя можно воспользоваться обычным текстовым редактором.
самостоятельная работа	Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список рекомендованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.
экзамен	При подготовке к экзамену изучить основную и дополнительную литературу, изучить конспекты лекций, материал наработанный во время практических занятий и выполнения домашнего задания, проработать менее запомнившиеся темы и вопросы, которые возникали во время изучения дисциплины. Вынести вопросы на плановую консультацию. На экзамене будут вопросы, затрагивающие весь курс, как теоретические, так и практические аспекты. Рекомендуется посещать лекции для освоения материала, ознакомиться с интернет источниками, прочитать рекомендованные учебники. При выполнении заданий в компьютерном классе, при написании отчета, студентам рекомендуется обращаться к преподавателю, чтобы прояснить сложные, непонятные вопросы, т.к. их понимание может потребоваться на экзамене.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 05.04.06 "Экология и природопользование" и магистерской программе "Системная экология, цифровые и дистанционные методы".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 05.04.06 - Экология и природопользование

Профиль подготовки: Системная экология. цифровые и дистанционные методы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Лагутин, М. Б. Наглядная математическая статистика : учебное пособие / М. Б. Лагутин. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2019. - 475 с. - ISBN 978-5-00101-642-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/116104> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Балдин, К. В. Общая теория статистики : учебное пособие / К.В. Балдин, А.В. Рукосуев. - 3-е изд., стер. - Москва : Издательско-торговая корпорация 'Дашков и К-', 2020. - 312 с. - ISBN 978-5-394-03462-6. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1093194> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем : учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 357 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-101154-6. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1001511> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа: по подписке.

#### Дополнительная литература:

1. Савельев, А. А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): учебное пособие / А.А. Савельев, С.С. Мухарамова, А.Г. Пилюгин, Н.А. Чижикова. - Казань: Казанский федеральный университет, 2012. - 120 с. - Текст : электронный. - URL: [http://kpfu.ru/docs/F1335879666/saveliev2012\\_geostat.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1335879666/saveliev2012_geostat.pdf) (дата обращения: 10.03.2020).
2. Буре, В. М. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В. М. Буре, Е. М. Парилина. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 416 с. - ISBN 978-5-8114-1508-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/10249> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Айвазян, С. А. Методы эконометрики: учебник / С.А. Айвазян. - Москва : Магистр: ИНФРА-М, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-9776-0153-5. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/196548> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа: по подписке.



*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.04.02 Градиентный анализ и ординация*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 05.04.06 - Экология и природопользование

Профиль подготовки: Системная экология. цифровые и дистанционные методы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.