

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Экологическая аллометрия

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

05.04.06 - Экология и природопользование

---

Направленность образовательной программы

Проектно-промышленная экология

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Экологическая аллометрия относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры	<p>ПК-2.1: Знает: - фундаментальные и прикладные разделов специальных дисциплин программы магистратуры</p> <p>ПК-2.2: Умеет: - творчески использовать знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры в научной деятельности</p> <p>ПК-2.3: Владеет: - навыками творческого использования знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин программы магистратуры в производственно-технологической деятельности</p>	<p>ПК-2.1: Знает теоретические основы фрактальной геометрии, основные методы описания самоподобных объектов</p> <p>ПК-2.2: Умеет использовать показатели фрактальной размерности для характеристики идеальных и природных систем</p> <p>ПК-2.3: Владеет методами расчета фрактальной размерности</p>	Расчетно-графическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-6: Способен диагностировать проблемы охраны природы, разрабатывать практические рекомендации по её охране и обеспечению устойчивого развития	<p>ПК-6.1: Знает: - подходы к обеспечению устойчивого развития</p> <p>ПК-6.2: Умеет: - диагностировать проблемы охраны природы</p> <p>ПК-6.3: Владеет: - навыками разработки практических рекомендаций по охране природы и обеспечению устойчивого развития</p>	<p>ПК-6.1: Знает теоретические основы метаболической теории экологии, основные модели и зависимости</p> <p>ПК-6.2: Умеет использовать принцип аллометрии для решения практических проблем на разных уровнях организации биосистем</p>	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы

		ПК-6.3: Владеет методами изучения основных аллометрических закономерностей		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>24</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>24</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>59</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Самоподобие и фрактальные размерности	11	2	2	4	7
Тема 2. Методы расчета размерностей	18	4	4	8	10
Тема 3. Элементы теории мультифракталов	18	4	4	8	10
Тема 4. Фрактальная концепция структуры сообществ	18	4	4	8	10
Тема 5. Изометрия и аллометрия	18	4	4	8	10
Тема 6. Метаболическая теория экологии	24	6	6	12	12
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	24	24	49	59

## Содержание разделов и тем дисциплины

- Тема 1. Самоподобие и фрактальные размерности
- Тема 2. Методы расчета размерностей
- Тема 3. Элементы теории мультифракталов
- Тема 4. Фрактальная концепция структуры сообществ
- Тема 5. Изометрия и аллометрия
- Тема 6. Метаболическая теория экологии

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 10 ч.

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретических сведений и отработку конкретных навыков работы с самоподобными объектами.

Цель самостоятельной работы – подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет;
- подготовка к тестам;
- подготовка к выполнению расчетно-графических заданий;
- подготовка к зачету.

#### Изучение понятийного аппарата дисциплины

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут различные энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные списке литературы.

#### Работа над основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы

литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

Самостоятельная работа студента при подготовке к зачету

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки современных специалистов.

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к зачету по данной дисциплине, а также использовать в процессе обучения программу, другие методические материалы, разработанные кафедрой по данной дисциплине. Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса за счет:

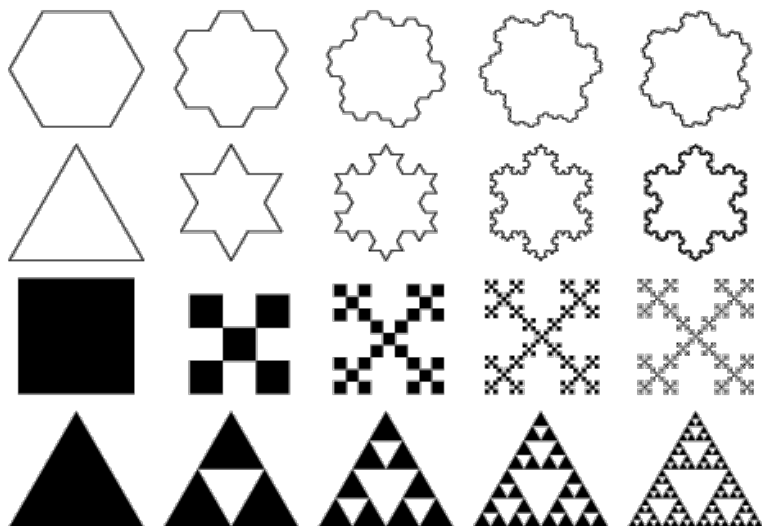
- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- в) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

После изучения соответствующей тематики рекомендуется проверить наличие и формулировки вопроса по этой теме в перечне вопросов к зачету, а также попытаться изложить ответ на этот вопрос. Если возникают сложности при раскрытии материала, следует вновь обратиться к лекционному материалу, материалам практических занятий, уточнить терминологический аппарат темы, а также проконсультироваться с преподавателем.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Расчетно-графическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**



На рисунке представлены генераторы четырех конструктивных фракталов.

1. Рассчитайте фрактальные размерности для каждого из этих фракталов.
2. Объясните, почему размерности объектов отличаются.
3. Какой из представленных фракталов по свойствам ближе всего к линии, а какой – к плоскости?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50–100% правильно выполненных заданий
не зачтено	менее 50% правильно выполненных заданий

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Создателем фрактальной геометрии и автором термина «фрактал» является:

- а) Георг Кантор; б) Вацлав Серпинский;  
в) Бенуа Мандельброт; г) Альфред Реньи.

2. Какой процесс не порождает салфетку Серпинского?

- а) игра в хаос; б) вырезание центральных треугольников;  
в) раскрашивание треугольника Паскаля; г) все порождают.

3. Топологическая размерность линии равна:

а) 0; б) 1; в) 2; г) 3.

4. Евклидова размерность плоскости равна:

а) 0; б) 1; в) 2; г) 3.

5. Какой из перечисленных конструктивных фракталов имеет размерность, большую 2?

а) канторовское множество; б) губка Менгера;

в) салфетка Серпинского; г) кривая Коха.

6. Характерной чертой фракталов не является:

а) самоподобие; б) нецелая размерность; в) дифференцируемость;

г) размерность подобия, большая топологической.

7. Стандартный метод определения фрактальной размерности:

а) метод подсчета ячеек; б) метод скейлинга моментов;

в) метод регрессии квадратов; г) метод расчета кривых.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50–100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

## **5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации**

### **Шкала оценивания сформированности компетенций**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой



	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Фракталы и самоподобие: определения.
2. Фрактальная размерность.
3. Метод покрытия ячейками.
4. Случайные фракталы и системы итерируемых функций.
5. Чем отличаются мультифракталы от монофракталов?
6. Моменты и обобщенные размерности Реньи.
7. Мультифрактальный спектр.
8. Проявления самоподобия в структуре сообществ.
9. Индексы разнообразия и их связь с обобщенными размерностями.
10. Скейлинг видового разнообразия.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Изометрические и аллометрические преобразования.
2. Центральное уравнение метаболической теории.
3. Модель Уэста-Брауна-Энkvиста.
4. Фрактальная структура транспортных систем организма.
5. Зависимость индивидуальных параметров от массы тела.
6. Зависимость индивидуальных параметров от температуры.
7. Зависимость популяционных параметров от массы тела организмов.
8. Зависимость популяционных параметров от температуры.
9. Зависимость параметров сообщества от массы тела организмов.
10. Зависимость параметров сообщества от температуры.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Достаточный уровень подготовки. Студент показывает допустимый уровень теоретических знаний, может делать существенные ошибки, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ.
не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Секованов В. С. Фрактальная геометрия. Преподавание, задачи, алгоритмы, синергетика, эстетика, приложения : учебное пособие / Секованов В. С. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 180 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3264-6.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=798726&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии : монография / ННГУ, Ин-т экологии Волж. бассейна РАН, Ин-т приклад. физики РАН. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 370 с. : ил. - ISBN 978-5-91326-246-2 : 340.19., 22 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.r-project.org/> – R Project: The R Project for Statistical Computing.
2. <http://cran.r-project.org/> – CRAN: The Comprehensive R Archive.
3. <http://www.rstudio.com/> – R Studio web-site.
4. <http://shiny.stat.calpoly.edu/ChaosGame2D/> – инструмент визуализации двумерной игры в хаос.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 05.04.06 - Экология и природопользование.

Автор(ы): Якимов Василий Николаевич, доктор биологических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Якимов Василий Николаевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023, протокол № 2.