

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 Ученого совета ННГУ

протокол от

«31» августа 2021 г. № 11

Рабочая программа дисциплины

## **Основы теории фракталов в экологии**

Уровень высшего образования  
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки  
**06.06.01 Биологические науки**

Направленность  
**03.02.08 Экология**

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
**Очная**

Нижегород  
2021

## **1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы (ОПОП)**

Дисциплина «Основы теории фракталов в экологии» относится к числу общепрофессиональных дисциплин по выбору и изучается на 3 году обучения, в 5 семестре. Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции основ классического анализа, биофизики, общей экологии и экологии сообществ.

Целями освоения дисциплины «Основы теории фракталов в экологии» являются: рассмотрение принципа самоподобия как фундаментального свойства природных объектов, ознакомление с основами теорий фракталов, мультифракталов, перколяции, самоорганизации, изучение экологических приложений этих теорий.

## **2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями выпускников)**

<b>Код и этап формируемой компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
<i>ОПК-1</i> Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий Заключительный	ЗНАТЬ: современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии УМЕТЬ: ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
<i>ПК-4</i> Способность формирования учебного материала, чтения лекций, готовность к преподаванию в высшей школе и руководству научно-исследовательскими работами (НИР) студентов, умение представлять учебный материал в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей Заключительный	ЗНАТЬ: принципы составления учебных программ УМЕТЬ: формулировать задачу и контролировать выполнение студенческих научно-исследовательских работ, организовывать процесс экспериментально-практического изучения материала структурировать содержание программы с учетом компетентностного подхода в обучении ВЛАДЕТЬ: навыками формирования учебного материала, чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ, представления учебного материала в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей

## **3. Структура и содержание дисциплины**

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 18 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятий практического типа), 90 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к экзамену.

### Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов				
		Занятия лекционного типа	Занятия практического типа	Занятия лабораторного типа		
1. Основы теории фракталов	13	-	4	-	4	9
2. Мультифракталы	11	-	2	-	2	9
3. Фрактальная концепция структуры сообщества	13	-	4	-	4	9
4. Экологическая аллометрия	11	-	2	-	2	9
5. Метаболическая теория экологии	13	-	4	-	4	9
6. Основы теории перколяции	11	-	2	-	2	9
В т.ч. текущий контроль 2						
Промежуточная аттестация в форме экзамена						

### Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Основы теории фракталов	Фракталы и фрактальный анализ. Самоподобие как фундаментальное свойство природных объектов. Определение самоподобных множеств. Фракталы. Фрактальная размерность. Определение клеточной размерности фрактальных множеств. Фрактальные кривые. Траектория броуновского движения как фрактальный объект.	семинар	Расчетно-графическое задание
2	Мультифракталы	Гетерогенные фрактальные объекты. Обобщенные размерности. Индексы сингулярности. Мультифрактальный спектр.	научно-практическое занятие	Тест
3	Фрактальная концепция структуры сообщества	Структура биотических сообществ. Распределение видов. Видовое разнообразие. Энтропии Реньи как индексы разнообразия. Скейлинг разнообразия как проявление самоподобия сообщества. Мультифрактальный спектр структуры сообщества.	научно-практическое занятие	Тест
4	Экологическая аллометрия	Аллометрия и масштабная инвариантность в экологии. Проблема зависимости скорости метаболизма от размеров тела живых организмов. Фрактальная модель Уэста-Брауна-Энkvиста. Аллометрия и сравнительная физиология систем распределения ресурсов. Фрактальные поверхности. Диффузионное дыхание. Легкие. Кровеносные системы. Проблема размеров сердца.	семинар	Тест
5	Метаболическая теория экологии	Жизненный цикл, рождаемость, смертность, продуктивность, биотический потенциал, плотность популяций как параметры, определяемые размерами организмов. Пространственное распределение видового богатства	семинар	Тест
6	Основы теории перколяции	Теория перколяции и распространение эпидемий. Перколяционный фазовый переход. Задачи узлов и задачи связей:	научно-практическое занятие	Тест

		экологическая интерпретация. Решетка Бете. Направленная перколяция. Распространение фронта заселенности в экосистемах. Градиентная перколяция и проблема распространения эпидемий. Динамическая перколяция. Модели лесных пожаров. Фрактальные модели биологической эволюции.		
--	--	---	--	--

#### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы аспирантов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме занятий практического типа, на которых применяются следующие образовательные технологии:

1. Традиционные технологии: *семинары* (эвристическая беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений, проектов по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы), *практические занятия* (освоение конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму);
2. Технологии проблемного обучения: *практические занятия на основе кейс-метода* (обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной, производственной, общественной деятельности; обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них).

#### 5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

*Виды самостоятельной работы аспирантов 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 семинарским занятиям;
- подготовка к тестам (примеры заданий см. в п. 6.3);
- подготовка к решению задач (примеры заданий см. в п. 6.3);
- подготовка мини-лекции (темы см. в п. 6.3);
- подготовка к экзамену.

##### **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 в 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.

Аспирант 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.

##### **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.

#### **Самоподготовка к семинарским занятиям**

При подготовке к семинарскому занятию необходимо помнить, что данная дисциплина тесно связана с ранее изучаемыми дисциплинами.

На семинарских занятиях аспирант должен уметь последовательно излагать свои мысли и аргументировано их отстаивать. Для достижения этой цели необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- 3) изучить рекомендованную учебно-методическим комплексом литературу по данной теме;
- 4) ознакомиться с вопросами очередного семинарского занятия;
- 5) подготовить краткое выступление по каждому из вынесенных на семинарское занятие вопросу.

Изучение вопросов очередной темы требует глубокого усвоения теоретических основ дисциплины, раскрытия сущности основных положений, проблемных аспектов темы и анализа фактического материала.

#### **Самостоятельная работа при подготовке к экзамену**

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

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к экзамену по данной дисциплине (представлен в разделе 6.3), 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 экзамену, 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.

### **6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

#### **6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

#### **6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения аспирантами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания аспирантами изученного материала;
- способности аспирантов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме и заключается в ответе аспирантом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем

собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые аспирант должен дать краткий ответ.

#### **Критерии оценивания ответа на экзамене**

<b>Оценка</b>	<b>Уровень подготовки</b>
Отлично	Высокий уровень подготовки. Аспирант дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета. Аспирант активно работал на практических занятиях.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Аспирант работал на практических занятиях.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Аспирант показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Аспирант посещал практические занятия.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Аспирант пропустил большую часть практических занятий.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Аспирант не отвечает на поставленные вопросы. Аспирант отсутствовал на большинстве практических занятий.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- *тестирование;*
- *устные ответы на вопросы в ходе экзамена;*
- *выступление с мини-лекцией.*

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются:

- *практические расчетно-графические задания;*
- *выступление с мини-лекцией.*

#### **Критерии оценивания тестов**

Тестовые задания оцениваются по пятибалльной системе в зависимости от доли правильных ответов или правильно выполненных контрольных заданий:

- «отлично»: 80–100% правильных ответов;
- «хорошо»: 65–80% правильных ответов;
- «удовлетворительно»: 50–65% правильных ответов;
- «неудовлетворительно» – 25–50% правильных ответов;
- «плохо» – менее 25% правильных ответов.

#### **Критерии оценивания расчетно-графических заданий**

Расчетно-графические задания состоят из нескольких задач, подразумевающих определенную последовательность действий. Расчетно-графические задания оцениваются по альтернативной шкале в зависимости от доли верно выполненных задач:

- «зачтено»: 50–100% правильно выполненных задач;
- «не зачтено»: менее 50% правильно выполненных задач.

### Критерии оценивания мини-лекции по заданной тематике

Оценка	Критерии (требования)
«Отлично»	Своевременно проработана концепция мини-лекции. Работа успешно прошла публичную защиту.
«Хорошо»	Своевременно проработана концепция мини-лекции. Работа прошла публичную защиту с небольшими замечаниями.
«Удовлетворительно»	Не проработана концепция мини-лекции. Работа не прошла или прошла с серьезными замечаниями публичную защиту.
«Неудовлетворительно»	Не проработана концепция мини-лекции. Работа не прошла публичную защиту.

### **6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.**

#### **Вопросы к экзамену**

1. Фракталы и фрактальный анализ.
2. Самоподобие как фундаментальное свойство природных объектов.
3. Определение самоподобных множеств. Фракталы.
4. Фрактальная размерность. Определение клеточной размерности фрактальных множеств.
5. Фрактальные кривые.
6. Траектория броуновского движения как фрактальный объект.
7. Гетерогенные фрактальные объекты.
8. Обобщенные размерности.
9. Индексы сингулярности.
10. Мультифрактальный спектр.
11. Энтропии Реньи как индексы разнообразия.
12. Скейлинг разнообразия как проявление самоподобия сообщества.
13. Мультифрактальный спектр структуры сообщества.
14. Аллометрия и масштабная инвариантность в экологии.
15. Проблема зависимости скорости метаболизма от размеров тела живых организмов.
16. Фрактальная модель Уэста-Брауна-Энквиста.
17. Аллометрия и сравнительная физиология систем распределения ресурсов.
18. Жизненный цикл, рождаемость, смертность, продуктивность, биотический потенциал, плотность популяций как параметры, определяемые размерами организмов.
19. Пространственное распределение видового богатства.
20. Теория перколяции и распространение эпидемий.
21. Перколяционный фазовый переход.
22. Задачи узлов и задачи связей: экологическая интерпретация.
23. Решетка Бете. Направленная перколяция.
24. Распространение фронта заселенности в экосистемах.
25. Градиентная перколяция и проблема распространения эпидемий.
26. Динамическая перколяция.
27. Модели лесных пожаров.
28. Фрактальные модели биологической эволюции.

#### **Типовые тестовые задания для оценки знаний компетенции ОПК-1:**

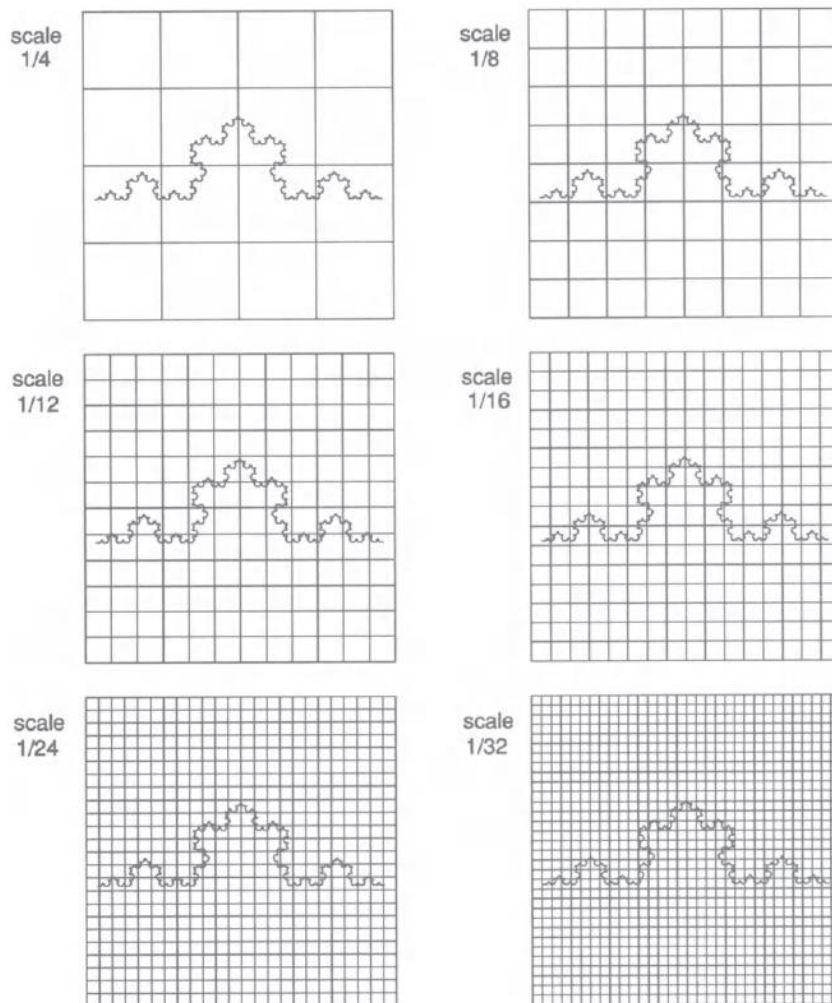
1. Создателем фрактальной геометрии и автором термина «фрактал» является:
 

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. Если зависимость числа структурных элементов объекта от масштаба не соответствует степенной функции, значит данный объект является:  
а) монофракталом; б) мультифракталом;  
в) тривиальным фракталом; г) не-фракталом.
5. Как соотносится объем и площадь поверхности при изометрическом скейлинге?  
а)  $S \sim V^{3/4}$ ; б)  $S \sim V^{2/3}$ ; в)  $S \sim V^{1/3}$ ; г)  $S \sim V^{-3/4}$ .
6. Аллометрический скейлинг отличается от изометрического тем, что:  
а) определяет возникновение новых структур;  
б) характерен только для живых организмов;  
в) сохраняет пропорции отдельных частей;  
г) изменяет пропорции отдельных частей.
7. Скорректированный по температуре метаболизм определяется выражением:  
а)  $B \cdot e^{E/kT}$ ; б)  $B \cdot e^{-E/kT}$ ; в)  $B \cdot M^{1/4}$ ; г)  $B \cdot M^{\alpha}$ .
8. Кто не входит в число авторов фрактальной модели происхождения метаболического скейлинга?  
а) Брайан Энквист; б) Джеффри Уэст; в) Марк Клейбер; г) Джеймс Браун.
9. Энергия активации процессов, определяемых фотосинтезом, примерно равна:  
а) 0.65 эВ; б) 0.75 эВ; в) 0.3 эВ; г) 0.25 эВ.
10. Как зависит биотический потенциал популяции от температуры?  
а) линейно растет; б) экспоненциально растет;  
в) линейно уменьшается; г) иным образом.

**Типовое расчетно-графическое задание для оценки умений и владений компетенции ОПК-1:**





На представленном рисунке изображена кривая Коха, покрытая сеткой ячеек разного размера. Рассчитайте размерность данного фрактала.

1. Рассчитайте число ячеек, необходимых для покрытия кривой Коха для каждой из сеток.
2. Составьте таблицу из соответствующих значений размера ячейки и числа ячеек покрытия.
3. На основе полученной таблицы постройте график скейлинга в двойных логарифмических координатах.
4. Сделайте на графике набросок прямой линии, аппроксимирующей зависимость числа ячеек покрытия от их размера.
5. Используйте аппарат линейной регрессии (в любом из программных пакетов) для точного расчета оценки фрактальной размерности.

#### **Темы для подготовки мини-лекций (для оценки компетенции ПК-4)**

1. Алгоритмы расчета фрактальной размерности.
2. Игра в хаос как генератор фракталов и мультифракталов.
3. Изометрия и аллометрия в геометрии и экологии.
4. Аллометрия скелета млекопитающих.
5. Аллометрия метаболизма.
6. Скейлинг параметров жизненного цикла.
7. Скейлинг популяционных параметров.
8. Скейлинг биоценологических параметров.
9. Модель лесного пожара Б. Дроссель.
10. Модель эволюции П. Бака и К. Снеппен

### **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 12.02.2014 №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

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

### **а) основная литература:**

1. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Солнцев Л.А. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. – Н.Новгород: ННГУ, 2013. – 370 с. – (4 экз. в библиотеке ННГУ)

2. Наац В.И., Наац И.Э. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 327 с. – Доступно на ЭБС «Консультант студента». Режим доступа:  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111607.html>

### **б) дополнительная литература:**

1. Вишняков Я.Д., Авраменко А.А., Аракелова Г.А., Киселева С.П. Экология и рациональное природопользование – М.: Академия, 2013. – 384 с. (1 экз. в библиотеке ННГУ)

2. Мюррей Д. Математическая биология. Т. 1. – М., Ижевск, 2009. – 776 с. (1 экз. в библиотеке ННГУ)

3. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология – М.: Дрофа, 2006. – (1 экз. в библиотеке ННГУ)

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. <http://www.r-project.org/> – R Project: The R Project for Statistical Computing – язык программирования и среда разработки для статистических вычислений.

2. <http://cran.r-project.org/> – CRAN: The Comprehensive R Archive – архив пакетов для расширения языка программирования R.

3. <http://www.rstudio.com/> – R Studio – среда разработки для языка программирования R.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные специализированной мебелью и демонстрационным оборудованием (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук), экран). Компьютерный класс для проведения занятий практического типа, оснащённый современной компьютерной техникой, соответствующим дисциплине программным обеспечением, и обеспеченный доступом в сеть "Интернет". Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 "Биологические науки".

Автор \_\_\_\_\_ Якимов В.Н.

Рецензент \_\_\_\_\_ Сеницына Ю.В.

Заведующий кафедрой экологии \_\_\_\_\_ Якимов В.Н.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 30 августа 2021 года, протокол № 1.

### Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

#### ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Успешное и систематическое применение навыков использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ВЛАДЕТЬ: навыками профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам	В целом успешное, но не систематическое применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам	Успешное и систематическое применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам

УМЕТЬ: ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	Отсутствие умений	Частично освоенное умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	В целом успешное, но не систематическое умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	Успешное и систематическое умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий
ЗНАТЬ: современные проблемы биологии	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем биологии	Неполные знания современных проблем биологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблем биологии	Сформированные и систематические знания современных проблем биологии
ЗНАТЬ: современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Неполные знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные и систематические знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

**ПК-4: Способность формирования учебного материала, чтения лекций, готовность к преподаванию в высшей школе и руководству научно-исследовательскими работами (НИР) студентов, умение представлять учебный материал в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей**

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ВЛАДЕТЬ: навыками формирования учебного материала	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков формирования учебного материала	В целом успешное, но не систематическое применение навыков формирования учебного материала	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков формирования учебного материала	Успешное и систематическое применение навыков формирования учебного материала
ВЛАДЕТЬ: навыками чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ	В целом успешное, но не систематическое применение навыков чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ	Успешное и систематическое применение навыков чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ
ВЛАДЕТЬ: навыками представления учебного материала в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления учебного материала в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления учебного материала в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления учебного материала в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей	Успешное и систематическое применение навыков представления учебного материала в устной, письменной и графической форме для различных контингентов слушателей
УМЕТЬ: формулировать задачу и контролировать выполнение студенческих научно-исследовательских работ	Отсутствие умений	Частично освоенное умение формулировать задачу и контролировать выполнение студенческих научно-исследовательских работ	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение формулировать задачу и контролировать выполнение студенческих научно-исследовательских работ	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать задачу и контролировать выполнение студенческих научно-исследовательских работ	Сформированное умение формулировать задачу и контролировать выполнение студенческих научно-исследовательских работ

УМЕТЬ: организовывать процесс экспериментального изучения материала	Отсутствие умений	Частично освоенное умение организовывать процесс экспериментально го изучения материала	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение организовывать процесс экспериментально го изучения материала	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение организовывать процесс экспериментального изучения материала	Сформированное умение организовывать процесс экспериментальн ого изучения материала
ЗНАТЬ: принципы составления учебных программ	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания принципов составления учебных программ	Общие, но не структурированны е знания принципов составления учебных программ	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов составления учебных программ	Сформированны е систематические знания принципов составления учебных программ