

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 (модуля)

Динамика экосистем

Уровень высшего образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки / специальность

06.06.01 Биологические науки

Направленность образовательной программы

03.02.08 Экология

Квалификация (степень)

Исследователь. Преподаватель-
исследователь

Форма обучения

Очная

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ОПОП)

Дисциплина "Динамика экосистем" 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, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. Для изучения дисциплины необходимы знания, полученные в курсах по применению математических методов в экологии и основам моделирования в экологии.

Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Динамика экосистем» являются: планомерное знакомство студентов с различными способами математического описания динамики экологических систем разного уровня сложности, изучение основ моделирования в этой области, освоение методологии исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем. Основная задача курса поднять образование студента в области динамики экосистем на уровень современного знания в этой сфере.

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

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и этап формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий Заключительный	ЗНАТЬ: методы исследования динамического поведения экологических систем различного уровня организации; способы исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем; различные варианты математического описания динамики экосистем УМЕТЬ: прогнозировать динамическое поведение экосистем в зависимости от имеющихся условий; определять условия, при которых экосистема может потерять свою устойчивость; составлять математические модели экологических систем разного уровня сложности; ВЛАДЕТЬ: современными методами математического описания динамических процессов в экологии; современными знаниями о способах исследовании поведения динамических экосистем; полученными теоретическими знаниями для анализа конкретных

	экологических ситуаций и прогнозирования их развития
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 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 зачетных единицы, всего 108 часа, из которых 18 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия семинарского типа (семинары и научно-практические занятия), 90 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к экзамену .

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Типы динамических моделей экосистем по характеру применяемого математического аппарата.	16		4			4	12
2. Методы качественного исследования динамических процессов в экосистемах.	16		4			4	12
3. Динамические системы второго порядка в экологии.	10		4			4	6
4. Колебательные процессы	10		4			4	6

в экосистемах.							
5. Возрастные модели в демографии.	20		2			2	18
<i>В т.ч. текущий контроль 2</i>							
Промежуточная аттестация в форме экзамена							

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
1.	Типы динамических моделей экосистем по характеру применяемого математического аппарата.	Принципы построения динамических моделей. Критерии ценности и адекватности моделей. Оценка результатов динамического моделирования экосистем.	Семинар	Доклад-сообщение
2.	Методы качественного исследования динамических процессов в экосистемах.	Простейшие популяционные модели. Бифуркации в динамических системах.	Научно-практическое занятие	Контрольная работа 1
3.	Динамические системы второго порядка в экологии.	Фазовый портрет. Устойчивость и неустойчивость. Типы особых точек.	Научно-практическое занятие	Контрольная работа 2
4.	Колебательные процессы в экосистемах.	Экосистема "хищник-жертва". Автоколебания и предельные циклы. Биологические триггеры.	Семинар	Доклад-сообщение
5.	Возрастные модели в демографии.	Роль запаздывания обратной связи в динамике популяций. Экосистемы, распределенные по возрасту.	Семинар	Доклад-сообщение

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются развивающее и проблемное обучение, научно-практические занятия, самостоятельная работа студентов по подготовке к контрольным работам, выступления с презентацией, система промежуточного контроля и

экзаменационной проверки. С целью восполнения учебно-методической документации и для облегчения усвоения учебного материала по дисциплине выпускаются учебные пособия (Моничев А.Я., Барышников С.В. Моделирование и прогнозирование эколого-демографической ситуации с помощью электронных таблиц «Microsoft Excel»).

Повышению качества знаний, формированию практических умений, развитию самостоятельного мышления студентов способствуют практические работы. В процессе выполнения студенты используют современные средства теории динамики систем и математического анализа вопросов устойчивости их функционирования. Поведение модельных экосистем исследуется с использованием компьютерного моделирования.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1. Методические указания для обучающихся

Эффективность самостоятельного освоения тем контролирует преподаватель в ходе семинарского занятия и при оценке коллоквиумов и докладов с презентациями.

Коллоквиумы используются, как средство контроля усвоения учебного материала раздела дисциплины. Организуется как учебное занятие в виде собеседования со студентами.

Самостоятельная работа студента при подготовке к экзамену.

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

Итоговой формой контроля успеваемости студентов по учебной дисциплине «Актуальные проблемы экологии и природопользования» является экзамен.

Бесспорным фактором успешного завершения очередного модуля является кропотливая, систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины (семестра). В этом случае подготовка к экзамену будет являться концентрированной систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к экзамену 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) подготовки рефератов по отдельным темам, наиболее заинтересовавшим студента;
- в) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- г) 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

Перечень вопросов к экзамену

1. Принципы построения динамических моделей.

2. Критерии ценности и адекватности моделей.
3. Оценка результатов динамического моделирования экосистем.
4. Простейшие популяционные модели.
5. Бифуркации в динамических экосистемах.
6. Фазовый портрет в экологических моделях.
7. Устойчивость и неустойчивость в экосистемах.
8. Типы особых точек в динамике экосистем.
9. Экосистема "хищник-жертва".
10. Автоколебания и предельные циклы в экологии.
11. Биологические триггеры в экосистемах.
12. Роль запаздывания обратной связи в динамике популяций.
13. Экосистемы, распределенные по возрасту.
14. Линейные сосредоточенные модели экосистем.
15. Нелинейные модели в экологии.
16. Учет распределения объектов по возрасту и распределенные экологические модели.
17. Описание процессов созревания с помощью моделей с запаздыванием.
18. Составить и исследовать модельное описание роста популяции с ограничением по питанию (уравнение Ферхюльста).
19. Выявить бифуркации в проточном культиваторе с двуполой культурой.
20. Исследовать устойчивость простейшей модели однопродуктовой биохимической реакции.
21. Проанализировать модельную динамику конкуренции нормальных и лейкозных клеток.
22. Нарисовать фазовый портрет модели Лотки-Вольтерра хищник-жертва.
23. Составить модель системы хищник-жертва с учетом насыщения хищника.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

- 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

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: современными методами математического описания динамических процессов в экологии; современными знаниями о способах исследовании поведения динамических экосистем; полученными теоретическими знаниями для анализа конкретных экологических ситуаций и прогнозирования их развития	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков современными методами математического описания динамических процессов в экологии; современными знаниями о способах исследовании поведения динамических экосистем; полученными теоретическими знаниями для анализа конкретных экологических ситуаций и прогнозирования их развития	В целом успешное, но не систематическое применение навыков современными методами математического описания динамических процессов в экологии; современными знаниями о способах исследовании поведения динамических экосистем; полученными теоретическими знаниями для анализа конкретных экологических ситуаций и прогнозирования их развития	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков современными методами математического описания динамических процессов в экологии; современными знаниями о способах исследовании поведения динамических экосистем; полученными теоретическими знаниями для анализа конкретных экологических ситуаций и прогнозирования их развития	Успешное и систематическое применение навыков современными методами математического описания динамических процессов в экологии; современными знаниями о способах исследовании поведения динамических экосистем; полученными теоретическими знаниями для анализа конкретных экологических ситуаций и прогнозирования их развития
УМЕТЬ: прогнозировать динамическое поведение экосистем в зависимости от имеющихся условий; определять условия, при которых экосистема может потерять свою устойчивость; составлять математические модели экологических систем разного уровня сложности	Отсутствие умений	Частично освоенное умение прогнозировать динамическое поведение экосистем в зависимости от имеющихся условий; определять условия, при которых экосистема может потерять свою устойчивость; составлять математические модели экологических систем разного уровня сложности	В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать динамическое поведение экосистем в зависимости от имеющихся условий; определять условия, при которых экосистема может потерять свою устойчивость; составлять математические модели экологических систем разного уровня сложности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение прогнозировать динамическое поведение экосистем в зависимости от имеющихся условий; определять условия, при которых экосистема может потерять свою устойчивость; составлять математические модели экологических систем разного уровня сложности	Успешное и систематическое умение прогнозировать динамическое поведение экосистем в зависимости от имеющихся условий; определять условия, при которых экосистема может потерять свою устойчивость; составлять математические модели экологических систем разного уровня сложности

ЗНАТЬ: методы исследования динамического поведения экологических систем различного уровня организации; способы исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем; различные варианты математического описания динамики экосистем	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методы исследования динамического поведения экологических систем различного уровня организации; способы исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем; различные варианты математического описания динамики экосистем	Неполные знания методы исследования динамического поведения экологических систем различного уровня организации; способы исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем; различные варианты математического описания динамики экосистем	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методы исследования динамического поведения экологических систем различного уровня организации; способы исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем; различные варианты математического описания динамики экосистем	Сформированные и систематические знания методы исследования динамического поведения экологических систем различного уровня организации; способы исследования устойчивости и устойчивого развития экосистем; различные варианты математического описания динамики экосистем
---	-------------------	---	--	---	--

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 экспериментального изучения материала	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение организовывать процесс экспериментального изучения материала	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение организовывать процесс экспериментального изучения материала	Сформированное умение организовывать процесс экспериментального изучения материала

ЗНАТЬ: принципы составления учебных программ	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания принципов составления учебных программ	Общие, но не структурированные знания принципов составления учебных программ	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов составления учебных программ	Сформированные систематические знания принципов составления учебных программ
---	-------------------	---	--	---	--

6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточная аттестация качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

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

Экзамен включает устную и практическую часть. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает анализ предоставленного набора данных с использованием соответствующих программных средств.

Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с небольшими ошибками.
Хорошо	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками.
Удовлетворительно	Подготовка удовлетворяет минимальным требованиям.
Не удовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Пропущены некоторые научно-практические занятия.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Частые пропуски научно-практических занятий.

Экзамен сдается устно. На нем проверяются знания по двум из вопросов общего списка. Для допуска к экзамену необходимо активное участие в работе на семинарских занятиях, выполнение заданий, предназначенных для самостоятельной работы..

6.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих сформированность компетенций

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

- тестирование;
- собеседование в ходе экзамена.

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

– *практические контрольные задания, включающие одну или несколько задач (вопросов).*

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Раздел 1. Типы динамических моделей экосистем по характеру применяемого математического аппарата.

Темы выступлений с докладами-сообщениями для оценки сформированности компетенции (ОПК-1):

1. Линейные сосредоточенные модели экосистем. Динамическая кривая Ферхюльста..
2. Нелинейные модели в экологии.
3. Учет распределения объектов по возрасту и распределенные экологические модели..
4. Описание процессов созревания с помощью моделей с запаздыванием.

Раздел 2. Методы качественного исследования динамических процессов в экосистемах.

Задания для контрольной работы 1 для оценки сформированности компетенции (ОПК-1):

1. Рост популяции с ограничением по питанию (уравнение Ферхюльста).
2. Бифуркации в проточном культиваторе с двуполой культурой.

Раздел 3. Динамические системы второго порядка в экологии.

Задания для контрольной работы 2 для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Простейшая модель однопродуктовой биохимической реакции.
2. Модель конкуренции нормальных и лейкозных клеток.
3. Модель Лотки-Вольтерра хищник-жертва.

Раздел 4. Колебательные процессы в экосистемах.

Темы выступлений с докладами-сообщениями для оценки сформированности компетенции (ОПК-1): :

1. Автоколебания и предельные циклы в экосистемах.
2. Система хищник-жертва с учетом насыщения хищника.
3. Модель Жакоба-Моно генетического триггера-регулятора белкового синтеза.

Раздел 5. Возрастные модели в демографии.

Темы выступлений с докладами-сообщениями для оценки сформированности компетенции (ПК-4):

1. Роль запаздывания в возникновении колебательных режимов в созревающей популяции, распределенной по возрастам.
2. Стационарные режимы в возрастных моделях популяций.

По решению преподавателя для оценки знаний по компетенциям курса могут использоваться тесты (*полный перечень заданий приводится в приложении 2 ФОС*).

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. Ручин А. Б. - Экология популяций и сообществ: учеб. для студентов, обучающихся по специальности 020803 "Биоэкология", направлению 020200 "Биология" и специальности 020201 "Биология". - М.: Академия, 2006. - 352 с.
2. Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы / (РАН, Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина. Труды; вып. 77 (80)). [отв. ред. И. И. Томилина]. – Ярославль : Филигрань , 2017. – 149 с.

б) дополнительная литература:

1. Колесников С. И. - Экология: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям: "География" и "Экология и природопользование". - М., Ростов н/Д: Изд.-торговая корпорация "Дашков и К", Наука-Пресс, 2007. - 384 с.
2. Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. - Экология: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки в области 550000 "Технические науки" и по специальностям в области 650000 "Техника и технологии". - М.: Дрофа, 2006. – 387с.
3. Ильичев В. Г. - Устойчивость, адаптация и управление в экологических системах. - М.: Физматлит, 2009. - 192 с.
4. Степановских А. С. - Общая экология: учеб. для студентов вузов по экол. специальностям. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. - 687 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

программное обеспечение:

1. Microsoft Excel
2. Math Cad
3. Math Lab
4. Wolfram System Modeler

интернет-ресурсы:

1. [www.math works. com](http://www.mathworks.com)
2. <http://office.microsoft.com/ru-ru/access/>
3. www.softline.ru
4. www.exponenta.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран). Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Для проведения практических занятий необходим компьютерный класс с проектором или интерактивной доской, а также наличие прикладных программ: Microsoft Excel, Math Cad, Math Lab, Wolfram System Modeler или аналогичных программ расчета динамики систем (Maple, Scilab).

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

Автор _____ Якимов В.Н.

Рецензент (ы) _____ Стручкова И.В.

Заведующий кафедрой экологии _____ Якимов В.Н.

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