

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

*Экологический факультет*

Рекомендовано МССН

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

### **Математические модели экосистем**

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность программы: «Моделирование и прогнозирование процессов в  
экологии и экономике»

## Программа курса

**1. Цель дисциплины:** заложить фундаментальные теоретические знания у студентов об математическом моделировании биосферы, его целях и задачах. Математические методы исследования в экологии и экономике – это общепрофессиональная дисциплина, базирующаяся на фундаментальных знаниях общей экологии, химии, биологии и математики.

Математические методы исследования в экологии и экономике является информационной основой для широкого спектра природоохранной деятельности. Полученные данные используются для научных исследований, оценки состояния окружающей среды и принятия управленческих решений.

Задачи курса – формирование навыков и умения по следующим направлениям деятельности:

- Анализ глобальных биосферных процессов и математическое описание биосферы;
- характеристика методики оценки способности биосферы ослаблять антропогенные воздействия (принцип Ле-Шателье);
- приобретение знаний о глобальных моделях геохимических циклов;
- приобретение знаний о математическом моделировании динамических процессов в экологии и экономике.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина формирует подходы к производственной деятельности, обеспечивающие соблюдение природоохранных и ресурсосберегающих правил, требований и норм при любой деятельности человека, связанной с изменением состояния окружающей среды.

В курсе рассматриваются все основные вопросы теоретического и прикладного характера, которые позволят магистрантам сформировать информационную базу для получения необходимой и достаточной информации о воздействиях и состоянии окружающей среды, и моделировании эколого-экономических процессов.

В таблице №1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Универсальные компетенции			
	УК-1 способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Управленческая экономика Методология научного исследования	
	УК-2 способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла		Современный стратегический анализ
	УК-7 единая универсальная компетенция в области	Методология научного исследования	Теория игр Анализ и прогнозирование конъюнктуры рынков

	информационной культуры	Теория вероятностей и математическая статистика	Корпоративные финансы
Общепрофессиональные компетенции			
	ОПК-1 способность решать профессиональные задачи на основе знания (на продвинутом уровне) экономической, организационной и управленческой теории, инновационных подходов, обобщения и критического анализа практик управления	Теория организации управления Макроэкономика (продвинутый уровень)	Современный стратегический анализ Прикладные задачи математического моделирования в экологии и экономике
	ОПК-2 способность применять современные техники и методики сбора данных, продвинутые методы их обработки и анализа, в том числе использовать интеллектуальные информационно-аналитические системы, при решении управленческих и исследовательских задач	Теория вероятностей и математическая статистика Макроэкономика (продвинутый уровень) Теория организации управления	Современный стратегический анализ Прикладные задачи математического моделирования в экологии и экономике
Профессиональные компетенции			

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий (УК-1);
- способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);
- единая универсальная компетенция в области информационной культуры (УК-7);
- способность решать профессиональные задачи на основе знания (на продвинутом уровне) экономической, организационной и управленческой теории, инновационных подходов, обобщения и критического анализа практик управления (ОПК-1);
- способность применять современные техники и методики сбора данных, продвинутые методы их обработки и анализа, в том числе использовать интеллектуальные информационно-аналитические системы, при решении управленческих и исследовательских задач (ОПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- назначение мониторинга и классификацию видов мониторинга ОС;

- систему методов наблюдения, обратные связи управления;
- методы контроля экологического мониторинга;

**Уметь:**

- оперировать данными, накопленными в ходе многолетних мониторинговых исследований;
- разрабатывать программы экологического мониторинга;
- предлагать оптимальные методы контроля базовых показателей;
- моделировать экологические процессы с целью прогноза будущего состояния ОС;

**Владеть:**

- приемами оценки степени техногенной трансформации окружающей среды при различных видах хозяйственного освоения территории
- знаниями о специфике мониторинга всех компонентов ОС.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
				7	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	68			68	
В том числе:	-		-	-	-
Лекции	34			34	
Практические занятия (ПЗ)	30			30	
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Контрольная работа	4			4	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	40			40	
Общая трудоемкость	час	108		108	
	зач. ед.	3		3	

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование модулей и тем курса
<b>Модуль 1</b>	<b>АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНЫХ БИОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ БИОСФЕРЫ И ЕЕ ПОДСИСТЕМ</b>
Тема 1	Рост CO <sub>2</sub> в атмосфере. Глобальное потепление. Связь глобального потепления и роста CO <sub>2</sub> . Меры стран мира по его уменьшению. Принцип предосторожности. Динамика органического вещества в биосфере и глобальные биогеохимические циклы. Математическое моделирование биогеохимических циклов. Точечная модель круговорота углерода и азота в биосфере. Пространственные модели круговорота углерода. Глобальная пространственная модель глобального круговорота углерода в системе атмосфера - растение – почва ВЦ РАН
<b>Модуль 2</b>	<b>Пространственно-временная динамика углерода и глобальное изменение климата</b>
Тема 1	Воздействия на пространственно-временную динамику углерода. Парниковые газы Киотского протокола . Моделирование глобальных изменений биосферы климата под влиянием антропогенных воздействий. Прогнозы роста концентрации CO <sub>2</sub> в атмосфере. Исследование пространственно-временной динамики углерода в наземных экосистемах

	стран мира. Данные измерений и методика исследования. Сценарии антропогенных воздействий. Анализ биосферной регуляции углеродного цикла в странах мира в условиях глобальных антропогенных воздействий
<b>Модуль 3</b>	Анализ пространственно-временной динамики углерода в природно-техногенной системе
Тема 1	Моделирование переноса атмосферных загрязнений. Модель переноса загрязнений. Формула для расчета загрязнения. Построение идентификационной модели. Задача нахождения максимума загрязнения. Моделирование затрат от загрязнения.

## 6. Практические занятия (семинары)

№№	Название практических работ	Количество часов
<b>Модуль 1</b>	<b>АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНЫХ БИОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ БИОСФЕРЫ И ЕЕ ПОДСИСТЕМ</b>	12
	Математическое моделирование биогеохимических циклов	
<b>Модуль 2</b>	<b>Пространственно-временная динамика углерода и глобальное изменение климата</b>	6
	Исследование динамических характеристик биосферы	3
	Прогнозы динамики биосферных процессов	3
<b>Модуль 3</b>	<b>Анализ пространственно-временной динамики углерода в природно-техногенной системе</b>	2
	Воздействие металлургических комбинатов на лесные экосистемы	
<b>Итого:</b>		<b>20</b>

## 7. Примерная тематика рефератов

1. Франкфуртская модель биосферы;
2. Динамика органического вещества в биосфере и глобальные биогеохимические циклы;
3. Пространственная глобальная модель цикла углерода с учетом сезонных колебаний ВЦ РАН;
4. Моделирование глобальных изменений биосферы климата под влиянием антропогенных воздействий. Прогнозы роста концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере;
5. Анализ биосферной регуляции углеродного цикла в странах мира в условиях глобальных антропогенных воздействий;
6. Моделирование действия атмосферных загрязнений на лесные биогеоценозы;
7. Динамика биосферных процессов и бюджет двуокси углерода на территории стран и мира;
8. Математическое моделирование в экологическом мониторинге;

## 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

**8.1. основная литература (материалы представлены в системе ТУИС РУДН и Электронной библиотеке РУДН):**

1. Курбатова А.И., Тарко А.М. *Пространственно-временная динамика углерода в нативных и нарушенных экосистемах мира*. – М.: Изд-во РУДН, 2017. – 224 с.
2. Каракеян, В. И. Экологический мониторинг : учебник для академического бакалавриата / В. И. Каракеян, Е. А. Севрюкова ; под общей редакцией В. И. Каракеяна. — Москва : Издательство Юрайт, 2016. — 397 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6064-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/387147> (дата обращения: 20.06.2019).

## **8.2. дополнительная литература:**

1. А.М.Тарко Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов, ФИЗМАТЛИТ, 2005.
2. Nikolelis D.P., Varzakas T., Erdem A., Nikoleli G.-P. (Eds.) *Portable Biosensing of Food Toxicants and Environmental Pollutants*. Taylor & Francis Group, 2014. — 800 p.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

- картосхемы;
- словари;
- научные сборники;
- журналы;
- видеофильмы;
- комплект презентаций.
- Surfer;
- Excel;
- Учебный программный комплекс "ПДВ, ПДС".

## **10. Критерии оценивания уровня освоения компетенций**

Оценка всех результатов освоения компетенций проводится в соответствии со шкалой международной балльно-рейтинговой системы ECTS. В соответствии с рассчитанной системой оценивания (\*см. паспорт ФОС), учащийся набирает необходимые баллы.

Работа на занятии: макс 1 балл. Оценка выставляется за присутствие и активную работу на семинаре или на лекции (лекции проводятся в интерактивной форме) – ответы на текущие вопросы, конспектирование, обсуждение.

Самостоятельная подготовка к занятию: макс 2 балла за каждую тему. Тема подготовлена, есть презентация, результаты расчетов, студент свободно отвечает на вопросы - 2 балла; студент присутствует на занятии, участвует в обсуждении, но затрудняется ответить на вопросы – 1 балл. Студент отсутствует или задание не подготовлено – 0 баллов

Рубежная и итоговая аттестация:

Оценка производится в процентах от общего количества проверенных заданий, с последующим переводом процентов в баллы в соответствии с утвержденной БРС. Студент считается успешно прошедшим рубежную или итоговую аттестацию, если сумма баллов за все виды деятельности на момент аттестации превышает 50% от максимально возможного балла.

Итоговая оценка за семестр складывается как сумма баллов за все виды деятельности студента (\*см. паспорт ФОС) и может составить максимально 75 баллов, то есть нижнюю границу оценки «отлично», категории В.

Итоговый экзамен сдается студентом добровольно, если им набран минимально возможный для аттестации балл – 51 балл. В остальных случаях экзамен является обязательным и оценивается максимально в 25 баллов, в результате суммарный балл выводится с учетом результата сдачи экзамена и итоговая оценка соответствует международной шкале ECTS. Если на экзамене студент набирает менее 13 баллов, то экзамен считается не сданным и студент может сдать его повторно (пройти переэкзаменовку).

**Таблица соответствия баллов и оценок**

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95-100	5	A
86-94		B
69-85	4	C
61-68	3	D
51-60		E
31-50	2	FX
0-30		F
51 - 100	Зачет	Passed

**Пояснение оценок**

- A Выдающийся ответ
- B Очень хороший ответ
- C Хороший ответ
- D Достаточно удовлетворительный ответ
- E Отвечает минимальным требованиям удовлетворительного ответа
- FX Оценка 2+ (FX) означает, что студент может добрать баллы только до минимального удовлетворительного ответа
- F Неудовлетворительный ответ (либо повтор курса в установленном порядке, либо основание для отчисления)

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

Промежуточный контроль знаний осуществляется при прохождении каждого модуля, указанного в тематическом плане. На коллоквиумах студенты отвечают на контрольные вопросы, либо тестовые задания, либо учащимся предлагаются модельные проекты: качество воды в вашей реке; воздух, которым мы дышим; предприятие, возле которого мы живем.

Перед проведением тестирования, либо контрольной работы с не тестовыми вопросами, один час зачетного занятия отводится для обсуждения наиболее сложных вопросов пройденных тем.

Четыре занятия (8 аудиторных часов) отводится в конце семестра для защиты рефератов. Студент должен подготовить электронную презентацию рефератов и предоставить преподавателю на электронном носителе вместе с текстовым файлом.

Рубежный контроль по итогам курса проводится в тестовой форме после прочтения всех лекций. Система тестирования предполагает один правильный ответ из общего количества вариантов в вопросе. Ниже приведены примерные тестовые задания для рубежной аттестации.

**12. Образовательные технологии**

Изучение дисциплины осуществляется на лекциях и семинарах, а также самостоятельно под руководством преподавателя. При проведении занятий применяются технические средства обучения, проводятся дискуссии, имитационные обучающие меры. Возможно по отдельным темам использование учебных кинофильмов, видео- и аудиоматериалов.

Семинарские занятия, как правило, проводятся с использованием активных форм с разбором конкретных ситуаций.

Активные формы занятий, умелое использование имеющихся на кафедре комплектов средств обучения по дисциплине в сочетании со словесно-логическим способом информации позволяет эффективно, качественно и доступно провести любое семинарское занятие.

### **13. Перечень вопросов к экзамену**

1. Концепция биосферы и ноосферы В.И.Вернадского.
2. Коэволюция человека и биосферы и устойчивое развитие.
3. Математическое описание динамических процессов в биосфере.
4. Моделирование климата.
5. Обобщенные показатели при контроле загрязнения сточных вод.
6. Модель круговорота азота в наземной экосистеме .
7. Соделирование глобального цикла углерода.

### **14. Примерные типы тестовых заданий для рубежного контроля знаний в конце семестра.**

**1. Закончите предложение: «Объект, который используется в качестве «заместителя», представителя другого объекта с определенной целью, называется ...»**

1. моделью;
2. копией;
3. предметом;
4. оригиналом.

**2. Закончите предложение: «Модель, по сравнению с объектом-оригиналом, содержит ...»**

1. меньше информации;
2. столько же информации;
3. больше информации.

**3. Моделирование — это:**

1. процесс замены реального объекта (процесса, явления) моделью, отражающей его существенные признаки с точки зрения достижения конкретной цели;
2. процесс демонстрации моделей одежды в салоне мод;
3. процесс неформальной постановки конкретной задачи;
4. процесс замены реального объекта (процесса, явления) другим материальным или идеальным объектом;
5. процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта.

**4. Процесс построения модели, как правило, предполагает:**

1. описание всех свойств исследуемого объекта;
2. выделение наиболее существенных с точки зрения решаемой задачи свойств объекта;
3. выделение свойств объекта безотносительно к целям решаемой задачи;
4. описание всех пространственно-временных характеристик изучаемого объекта;
5. выделение не более трех существенных признаков объекта.

**5. Математическая модель объекта — это:**

1. созданная из какого-либо материала модель, точно отражающая внешние признаки объекта-оригинала;



2. описание в виде схемы внутренней структуры изучаемого объекта;
3. совокупность данных, содержащих информацию о количественных характеристиках объекта и его поведения в виде таблицы;
4. совокупность записанных на языке математики формул, отражающих те или иные свойства объекта-оригинала или его поведение;
5. последовательность электрических сигналов.

*Экологический факультет*

Принято Ученым советом  
экологического факультета  
20\_\_ г. протокол № \_\_\_\_

Утверждаю  
Проректор по учебной работе от \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (Должикова А.В.)  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **По учебной дисциплине**

«Математические методы исследования в экологии и экономике»

Направление: 38.04.02 «Менеджмент»

### **Направленность программы (профиль, специализация):**

«Моделирование и прогнозирование глобальных и региональных процессов в  
экологии и экономике»

Квалификация выпускника: **магистр**

**Приложение № 2 (обязательное)**

Направление 38.04.02 «Менеджмент», специализация «Моделирование и прогнозирование глобальных и региональных процессов в экологии и экономике»

**Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Математические методы исследования в экологии и экономике»**

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства					Промежуточная аттестация	Баллы темы	Баллы раздела
			Текущий контроль							
			Работа на занятии	Защита лабораторной	Коллоквиум	Контрольная работа	Выполнение ДЗ	Зачет		
УК-1,2,7 ОПК-1,2	Модуль 1: АНАЛИЗ ГЛОБАЛЬНЫХ БИОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ БИОСФЕРЫ И ЕЕ ПОДСИСТЕМ	Тема 1: Коэволюция человека и биосферы	1	2				1	4	25
		Тема 2: Динамика органического вещества в биосфере.	1	3				1	5	
		Тема 3: Математическое описание динамических процессов в биосфере	1	3				1	5	
		Тема 4: Моделирование продукционного процесса наземных растений	1	3		5		1	11	
УК-1,2,7 ОПК-1,2	Модуль 2:	Тема 1: Модель глобального цикла углерода в системе АРП..	1	3			1	1	6	29

	Пространственно-временная динамика углерода и глобальное изменение климата	Тема 2: Модель углерода в АРП с учетом действия промышленных предприятий	1	3			1	5		
		Тема 3: Идентификация моделей.	1	3		1	1	6		
		Тема 4: Пороговый характер выполнения принципа Ле-Шателье	1	3	5	1	1	11		
УК-1,2,7 ОПК-1,2	Модуль 3: Анализ пространственно-временной динамики углерода в природно-техногенной системе	Тема 1: Моделирование переноса атмосферных загрязнений	1	3			1	5	16	
		Тема 2: Моделирование действия атмосферных загрязнений на лесные биогеоценозы	1	3	5		1	11		
УК-1,2,7 ОПК-1,2	Модуль 4: Темы для самостоятельного изучения (экономика)	Тема 1: Математическое моделирование в экономике.	1	3			1	6	17	
		Тема 2: Модель Мальтуса. Модель Эванса. Модель Брауна. Статистические и динамические модели в экономике	1	3	5	1	1	11		
УК-1,2,7 ОПК-1,2	Модуль 5: Темы для самостоятельного изучения (экология)	Тема 1: Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах	1	3			1	5	15	
		Тема 2: Моделирование биологического круговорота в лесных экосистемах	1	3	5		1	10		
<b>ИТОГО:</b>			<b>13</b>	<b>26</b>		<b>25</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Формирование фонда оценочных средств в ходе изучения дисциплины осуществляется на основе сочетания различных видов контроля (текущего контроля, докладов на семинарах, итогов самостоятельной работы студентов к каждому семинару).

Текущий контроль качества обучения студентов осуществляется в устной и письменной формах: устная и письменная проверка знаний, устный фронтальный опрос.

Самостоятельная работа студентов при изучении курса включает: проработку конспекта лекций; подготовку к практическим и лабораторным работам; изучение материалов, выделенных для самостоятельной проработки; выполнение контрольного задания; проработку лекционных материалов по учебникам. В процессе самоподготовки следует ориентироваться на содержание разделов курса.

Курс завершается - итоговым экзаменом.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально и является обязательной, определяющей подготовку студента к текущим семинарским занятиям. Баллы, полученные студентом по результатам аудиторной работы, формируют рейтинговую оценку текущей успеваемости студента.

Для закрепления и систематизации знаний, обязательной самостоятельной работой является обработка лекции (дополнение) с помощью учебных пособий по дисциплине.

**ПРИМЕРЫ экзаменационных билетов по дисциплине**

**«Промышленный экологический мониторинг»**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Статистические и динамические модели в экономике. Модель Эванса..
2. Франкфуртская модель..

Составитель \_\_\_\_\_ (доцент, к.б.н. Курбатова А.И.)

Шкала оценок

Количество кредитов	Оценка	Неудовлетворительно		Удовлетворительно		Хорошо	Отлично	
		F(2)	FX(2+)	E(3)	D(3+)		B(5)	A(5+)
3	Оценка ECTS	F(2)	FX(2+)	E(3)	D(3+)	C(4)	B(5)	A(5+)
	Максимум м 100 баллов	Менее 31	31-50	51-60	61-68	60-85	86-94	95-100

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Моделирование последствий пожаров на лесные почвы..
2. Модель биологического круговорота в лесных экосистемах.

Составитель \_\_\_\_\_ (доцент, к.б.н. Курбатова А.И.)

Шкала оценок

Количество кредитов	Оценка	Неудовлетворительно		Удовлетворительно		Хорошо	Отлично	
		F(2)	FX(2+)	E(3)	D(3+)		B(5)	A(5+)
3	Оценка ECTS	F(2)	FX(2+)	E(3)	D(3+)	C(4)	B(5)	A(5+)
	Максимум м 100 баллов	Менее 31	31-50	51-60	61-68	60-85	86-94	95-100

**Разработчик программы:**

доцент каф. экологического  
мониторинга и прогнозирования  
А.И.

А.И. Курбатова

**Руководитель программы:**