

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
член-корр. РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Системная экология**

---

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

---

**Направление подготовки:**  
**05.03.06 «Экология и природопользование»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Рациональное природопользование»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол № 11, дата 03.12.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Экология и природопользование» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*).  
ОС МГУ утверждены решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована без разрешения факультета.*

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по «Математике», «Информатике», «Экологии с основами биогеографии», «Основам природопользования», «Геоэкологии», «Учении о биосфере»
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ПК-2.Б <i>(формируется частично)</i> . Способен использовать знания в области биоэкологии, геоэкологии, экологии человека и охраны окружающей среды при решении задач профессиональной деятельности.	ПК-2.1 Б Применяет знания в области экологии и наук об окружающей среде для решения научно-исследовательских задач экологической направленности	<p><b>Знать:</b> теоретические основы системного анализа и математического моделирования в экологии; современное состояние системных исследований; новые подходы к природопользованию на основе математического моделирования.</p> <p><b>Владеть:</b> методами системного анализа и математического моделирования в решении экологических проблем, возникающих при влиянии человеческой деятельности на природу.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания при решении экологических проблем; оценивать адекватность математических моделей реальной экологической обстановке; проводить имитационное моделирование экологических процессов; использовать методы прогнозирования и оптимизации функционирования экосистем.</p>

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа)

Общая аудиторная нагрузка – 24 часа, в том числе лекции – 12 часов, семинары – 12 часов.

Объем самостоятельной работы студентов - 48 часов.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе									
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Устный опрос по материалам лекций 1-3.	Дискуссия	Контрольная работа	Другая СРС	Всего
Тема 1. Введение: основные понятия и место экологии в системе наук. Системная экология, связь с другими науками. Системный подход в экологии	6	2				2				4	4
Тема 2. Основы теории систем и системного анализа	6	2				2				4	4
Тема 3. Основные этапы системного анализа в экологических исследованиях	6	2				2			4		4
Текущая аттестация 1: Устный опрос по материалам лекций 1-3.	6		2			2	4				4
Тема 4. Синэргетический подход в современной науке	8	2	2			4				4	4
Текущая аттестация 2: Дискуссия	7		2			2		5			5
Тема 5. Моделирование и анализ экологических систем, стохастические и детерминированные модели.	8	2	2			4				4	4

Тема 6. Модели теории игр в экологии	6	2				2				4	4
Текущая аттестация 3: Контрольная работа	8		2			2			6		6
Тема 7. Интерактивные деловые игры для принятия решений и управления в сфере экологии и природопользования	8	0	2			2				6	6
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Письменный зачет</i>					3				
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>24</b>					<b>48</b>				

## Содержание лекций, семинаров

### Содержание лекций

**Тема 1. Введение: основные понятия и место экологии в системе наук. Системная экология, связь с другими науками. Системный подход в экологии.** Предмет и задачи курса. Основные понятия и разделы экологии. Место экологии в структуре наук, ее значение как системной дисциплины. Принципы системного подхода в экологии. Теоретические основы системной экологии: синергетика – наука, получившая развитие в последние десятилетия и изучающая саморегулирующиеся системы, их саморазвитие и потоки вещества, энергии и информации между их элементами; учение о геосистемах, рассматривающее природные географические комплексы как системы взаимодействующих элементов, объединенных потоками вещества, энергии и информации.

**Тема 2. Основы теории систем и системного анализа.** Понятие системы, два определения системы. Системность как всеобщее свойство материи. Строение и свойства системы. Описание и оптимизация структур, теория графов. Системы и окружение, взаимодействие системы и окружения. Классификация систем (основные типы систем). Закономерности функционирования систем. Практические занятия по изучению свойств системы (цель системы, эмерджентность, простота – сложность, закрытость – открытость, энтропия).

**Тема 3. Основные этапы системного анализа в экологических исследованиях.** Характерные черты системного анализа и его основные этапы. Применение системного анализа к экологическим системам. Принципы постановки задач и формулирование целей. Структурное разбиение и моделирование систем. Анализ и прогнозирование условий функционирования в будущем.

**Тема 4. Синергетический подход в современной науке.** Синергетика как междисциплинарное научное направление, изучающее универсальные закономерности процессов самоорганизации, эволюции и кооперации. Построение общей теории сложных систем, обладающих особыми свойствами. Главные принципы синергетического подхода в современной науке.

**Тема 6. Модели теории игр в экологии.** Предмет и задачи теории игр. Классификация игр. Игра как упрощенная, схематизированная модель ситуации, предоставляющая возможность математического анализа ситуации без учета второстепенных факторов. Применение игрового моделирования для имитации конкретной ситуации, связанной с природопользованием, поиск оптимального решения, соответствующего реальным обстоятельствам. Игровые задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности. Пример матричной конечной игры двух игроков с нулевой суммой, определение «оптимальной стратегии». Обсуждение итогов игр.

### *План проведения семинаров*

**1. Тема 3. Основные этапы системного анализа в экологических исследованиях.** Выбор переменных, характеризующих систему и ее управление. Практические занятия по применению и разработке программы системных исследований для решения практических задач.

**2. Тема 4. Синергетический подход в современной науке.**

Принцип дополнительности Н. Бора, Принцип спонтанного возникновения И. Пригожина, Принцип несовместимости Л. Заде, Принцип управления неопределенностями, Принцип незнания, Принцип соответствия, Принцип разнообразия путей развития, Принцип единства и взаимопереходов порядка и хаоса, Принцип колебательной (пульсирующей) эволюции.

**3. Тема 5. Моделирование и анализ экологических систем, стохастические и детерминированные модели.** Понятие модели и моделирования. Классификация моделей. Обзор методов исследования популяций животных и экологических систем. История моделирования в экологических исследованиях. Роль функциональных моделей физики и техники в описании взаимосвязей различных экологических явлений. Моделирование динамики популяций. Детерминированные и стохастические модели (Модель роста популяции: экспоненциальный и S-образный рост).

**4. Тема 7. Интерактивные деловые экологические игры.** Правила игры, регламентирующие возможные варианты действий игроков, цель и результат игры. Распределение ролей между игроками, выработка цели и стратегии, которой необходимо придерживаться во время ведения игры. Обсуждение итогов игры и сравнение игровой модели с реальными условиями функционирования системы управления городом.

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине:**

Самостоятельная работа по дисциплине предусматривает изучение основной и дополнительной литературы по курсу, ознакомление с существующими сайтами по системному анализу, используемому для решения задач экологии и природопользования, работу с Интернет-ресурсами, подготовка материалов для создания презентаций по тематике курса.

### **7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):**

#### *Примерный перечень вопросов для устных опросов (для тем 1-3)*

1. Основные компоненты систем, в том числе экологических.
2. Свойства экологических систем.
3. Взаимодействие системы с окружающей средой.
4. Классификация систем.
5. Искусственные и естественные системы (дать примеры).

### ***Примерный перечень вопросов для контрольной работы***

1. Состав системы: основные компоненты систем, элементы и связи.
2. Строение системы (элемент, связь, структура, организация, системообразующий фактор, теория графов).
3. Свойства системы: цель системы, эмерджентность, простота – сложность, закрытость – открытость, энтропия.
4. Системы и окружение. Их взаимодействие
5. Классификация систем (основные типы систем). Искусственные и естественные системы. Детерминированные и стохастические системы. Функционирование и развитие динамической системы.
6. Функционирование систем. Закономерности функционирования: целостность, интегративность, коммуникативность, иерархичность, эквивалентность, закон необходимого разнообразия.
7. Системный подход к анализу последствий добычи полезных ископаемых.
8. Системный анализ при принятии решений о реконструкции промышленных зон города,
9. Модель функционирования особо охраняемой природной территории с позиции системного подхода,

### ***Примерный перечень тем для дискуссии***

6. Иммитационное моделирование в анализе конфликтов природопользования и оптимизации структуры природопользования.
7. Имитационные модели и игры как инструменты управления сложными экологическими системами.
8. Обсуждение итогов деловой игры,
9. Сравнение игровой модели с реальными условиями функционирования системы управления городом.

### ***Модели.***

Рассматривается процесс моделирования и анализа экологических систем, отражающих свойства стохастических и детерминистических систем. На занятиях строятся модели ландшафтного планирования (модели размещения и организации природно- хозяйственных систем разных типов) природно-антропогенных и культурных ландшафтов города, промышленных, транспортных и сельскохозяйственных и других зон.

### ***Игровые задачи.***

Применение игрового моделирования в процессе экологической подготовки студентов позволяет имитировать конкретную ситуацию, связанную с природопользованием, когда предстоит найти правильное решение, соответствующее реальным обстоятельствам. Теория игр является математической теорией конфликтных ситуаций, при помощи которой можно выработать рекомендации по рациональному образу действий участников конфликта. Чтобы сделать возможным математический анализ ситуации без учета второстепенных факторов, строят упрощенную, схематизированную модель ситуации, которая называется игрой.

Игра ведется по определенным правилам, под которыми понимается система условий, регламентирующая возможные варианты действий игроков; объем информации каждой стороны о поведении другой; результат игры, к которому приводит каждая данная совокупность ходов. Результат игры (выигрыш или проигрыш) не всегда имеет количественное выражение, но обычно можно, хотя бы условно, выразить его числовым (балльным) значением.

В качестве примера в курсе используется игра «Экополия».

***Примерный перечень вопросов к письменному зачету***

1. Системная экология, связь с другими науками.
2. Понятие системы, два определения системы.
3. Системность как всеобщее свойство материи.
4. Основные определения: целое, целостность, множество, совокупность, организация.
5. Системный анализ, основные этапы системного анализа.
6. Синергетика. Главные принципы синергетического подхода в современной науке. Принцип дополнительности Н. Бора. Принцип спонтанного возникновения И. Пригожина. Принцип несовместимости Л. Заде. Принцип управления неопределенностями. Принцип незнания. Принцип соответствия. Принцип разнообразия путей развития. Принцип единства и взаимопереходов порядка. и хаоса. Принцип колебательной (пульсирующей) эволюции).
14. Модели и моделирование, формальные типы моделей систем.
15. Моделирование динамики популяций. Детерминированные и стохастические модели.
16. Модель роста популяции: экспоненциальный и S-образный рост.
17. Модели теории игр – математическая теория конфликтных ситуаций, оптимальная стратегия.
18. Игры с природой – игровые задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности.
19. Пример матричной конечной игры двух игроков с нулевой суммой, поиск оптимальной стратегии и «седловой» точки.

**Шкала и критерии оценивания**

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – *зачет* (в устной форме)

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	<b>Незачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос, контрольная работа)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания



<b>Умения</b> (виды оценочных средств: устный опрос, реферат, дискуссия, контрольная работа)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: устный опрос, контрольная работа)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

1. Волкова, В.Н. Теория систем и системный анализ: Учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 462 с.
2. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М.: Мир, 1981.
3. Дулепов В.И, Майоров И.С, Лескова О.А. Системная экология. Учебное пособие. Владивосток: Издательство ВГУЭС, 2004.
4. Роговая О.Г. Экологическое моделирование: практика: Учебно-методическое пособие. СПб.: ООО «Книжный Дом», 2007.
5. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие. К.: МАУ П, 2003.

#### Дополнительная литература:

1. Антонов, А.В. Системный анализ. Учеб. для вузов/А.В. Антонов. - М.: Высш. ШК., 2004. - 454 С.: ил.
2. Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем / А.Д. Арманд. М.: Наука, 1988.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2002.
4. Горелов А.А. Экология – наука – моделирование. М.: Наука, 1985. 207 с.
5. Дулов В.Г., Цибаров В.А. Математическое моделирование в современном естествознании. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001.
6. Король О.О. Оптимизация принятия управленческих решений в условиях конфликтов и рисков. Диссертация на соискание звания канд. социол. наук. Белгород, 2000.
7. Медоуз Д.Л., Тот Ф., Стратиджем, Микрокомпьютерная обучающая управленческая игра о взаимодействиях между энергетикой и окружающей средой. University of Latvia Ecological Centre Riga, 1993.
8. Медоуз Д.Л., Фиддаман Т., Шеннон Д, Всемирное рыболовство. Имитационная игра с компьютерной поддержкой по обучению принципам сбалансированного использования возобновимых природных ресурсов. University of Latvia Ecological Centre Riga, 1993.

9. Одум Е. Основы экологии. М.: Высшая школа, 1975.

10. Розенберг Г.С. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Учебное пособие / Г.С. Розенберг, Д.П. Мозговой, Д.Б. Гелашвили. Самара: Самарский научный центр РАН, 1999.

- Перечень лицензионного программного обеспечения

- ArcGIS Pro ArcGIS Desktop от компании Esri

- Перечень не лицензионного программного обеспечения

- Microsoft Word

- Microsoft PowerPoint

- Adobe Acrobat Reader DC

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- реферативная база данных издательства Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

- поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

- электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)

- научная электронная библиотека <https://elibrary.ru>

- официальный сайт кафедры системной экологии экологического факультета РУДН <http://web-local.rudn.ru/web-local/kaf/rj/index.php?id=105>

- размещенные в открытом доступе учебные, методические, образовательные и познавательные материалы о системном анализе и смежными областями <http://victor-safronov.ru>

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором и доступом в сеть Интернет.

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс – Голубева Елена Ильинична

11. Разработчики программы: Голубева Елена Ильинична, профессор, д.б.н.; Король Татьяна Олеговна, с.н.с., к.г.н.