

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладной и системной экологии

Рабочая программа дисциплины
Системная экология

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.06 «Экология и природопользование»


Направленность (профиль):
Управление экосистемами

Уровень:
Магистратура
Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 Зуева Н.В.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
01 февраля 2021 г., протокол № 5

Зав. кафедрой  Алексеев Д.К.

Авторы-разработчики:
 Алексеев Д.К.

Санкт-Петербург 2021



Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе для 2024 года набора с изменениями. Протокол заседания кафедры прикладной экологии от 07.06.2024 №10

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе для 2025 года набора с изменениями. Протокол заседания кафедры прикладной экологии от 02.07.2025 №10

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе для 2026 года набора с изменениями. Протокол заседания кафедры прикладной экологии от 13.05.2026 №8

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование представлений о проблемах, связанных со становлением, развитием и внедрением в науки о Земле и экологию методов количественной оценки состояния сложных систем и их эмерджентных свойств, а также методов системного моделирования сложных систем.

Задачи:

- обучение основным принципами системологии и свойствам сложных систем в природе и обществе, соотношением в них детерминизма, стохастичности, холизма, элементаризма;
- формирование представлений об истории развития и современных видов моделей, нашедших широкое применение в международной и отечественной экологической практике;
- разработка алгоритмов моделирования скоростей обменных процессов в экосистемах, формирование навыков работы с алгоритмами;
- изучение этапов создания моделей, конструирование экологических моделей на основе составления уравнений баланса масс и баланса скоростей массообмена между компонентами экосистем;
- изучение приемов доказательства адекватности и прогностических возможностей моделей.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Системная экология» для направления подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование» относится к дисциплинам базовой части, 2 семестр.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Методы и приборы контроля окружающей среды».

Параллельно с дисциплиной изучается «Компьютерные технологии и статистические методы в экологии и природопользовании», «Современные проблемы экологии и природопользования».

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: УК-1

Таблица 1.

Универсальные компетенции

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции	Результаты обучения
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК-1.2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК-1.3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с	Знать: – основные понятия и принципы системологии и их связь с законами экологии, основные стадии системного анализа в изучении природных систем; – этапы построения экологических моделей, задачи, которые необходимо решить при построении

	<p>противоречивой информацией из разных источников</p> <p>УК-1.4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов</p> <p>УК-1.5 Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения.</p>	<p>моделей сложных систем в природе и обществе;</p> <ul style="list-style-type: none"> – модели интегральной оценки эмерджентных свойств эко-, гео-, социосистем (устойчивость, экологическое благополучие). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять экологические модели в практике оценки состояния сложных систем в природе и обществе; – выполнять расчеты интенсивностей и скоростей процессов массообмена на основе частных моделей процессов массообмена на основе ПК; – оценивать воздействия на экосистемы на основе результатов моделирования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – терминологией и понятийным аппаратом в области экологического моделирования и системной экологии; – навыками работы с частными моделями обменных процессов в экосистемах и факторов, на них влияющих; – навыками работы по планированию, организации работы и оценке адекватности моделирования экосистем.
--	--	--

Универсальные компетенции

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции	Результаты обучения
ОПК-2 Способен использовать специальные и новые разделы экологии, геоэкологии и природопользования при решении научно-	ОПК-2.1 Выбирает и использует необходимые разделы экологии, геоэкологии и природопользования в решении конкретных прикладных задач профессиональной деятельности.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – историю создания экологических моделей и современное состояние системного моделирования; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обосновать

исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности		необходимость применения и практического использования методов экологического моделирования в практике решения задач в науках о Земле и экологии; Владеть: – представлениями об общих направлениях развития и современном состоянии экологического моделирования
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов		
	Очная форма обучения	Очно-заочная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	108	-	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:			
в том числе:			
лекции	28	-	-
занятия семинарского типа:			
практические занятия	14	-	-
лабораторные занятия	-	-	-
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	66	-	-
в том числе:			
курсовая работа		-	-
контрольная работа		-	-
Вид промежуточной аттестации	зачет	-	-

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.	Формы текущего контроля успеваемости	Формирование компетенции	Индикаторы достижения

			Лекции	Лабораторные работы, практические или семинарские занятия	Самостоятельная работа			
1	Введение	2	2	0	4	устный опрос	УК-1 ОПК-2	УК-1.1 ОПК-2.1
2	Аддитивные и неаддитивные свойства сложных систем	2	2	6	16	устный опрос	УК-1 ОПК-2	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5 ОПК-2.1
3	Компоненты экосистем и геосистем.	2	2	8	25	расчетно- графическая работа	УК-1 ОПК-2	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5 ОПК-2.1
4	Имитационное моделирование.	2	4	10	25	расчетно- графическая работа	УК-1 ОПК-2	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5 ОПК-2.1
5	Глобальные социально- эколого-экономические модели	2	4	4	12	устный опрос	УК-1 ОПК-2	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3 УК-1.4 УК-1.5 ОПК-2.1
	ИТОГО:		14	28	66			

4.3. Содержание разделов/тем дисциплины

4.3.1 Введение

Система наук о Земле. География. Экология. Прикладная экология. Геоэкология. Природопользование. Устойчивое развитие. Системная экология как раздел экологии. Структурные единицы подразделений экологии и их определения и «формулы», использующие понятие «система» (по В.В.Дмитриеву, 2000).

4.3.2 Аддитивные и неаддитивные свойства сложных систем.

Устойчивость. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Информация 1, 2 и 3 рода о состоянии системы. Показатель, признак, критерий. Экологический критерий. Комплекс. Совокупность. Система. Состояние системы. Оценка. Оценка состояния системы. Диагностика природного объекта. Состояние природной системы и его оценка. Состояние природы. Состояние геосистемы. Режим. Оценка состояния экосистем. Эколого-географическая оценка. Вектор состояния системы. Пример описания состояния водной экосистемы (построения вектора системы) на основе аддитивных и неаддитивных параметров. Свертки информации о состоянии системы. Построение интегрального

показателя состояния сложной системы. Этапы получения интегральной оценки. Стратегия экологической оценки. Стратегия развития наземных и водных экосистем. Схема основных стадий системного анализа применительно к исследованию природной системы.

4.3.3 Компоненты экосистем и геосистем .

Основные требования к выбору компонентов в экологических моделях. Основные процессы и возможности их моделирования. Принцип иерархической организации сложных систем. Принцип осуществимости моделей сложных систем. Принцип множественности моделей. Принцип несовместимости. Принцип контринтуитивного поведения сложных систем. Принципы системности. Основные законы экологии. Связь принципов системологии и законов экологии. Принципы классификации моделей. Этапы математического моделирования сложных систем (по В.В. Дмитриеву, 2000). Прогноз функционирования и развития экосистем. Проблемы экологического прогнозирования. Критерии соответствия моделируемых и измеренных значений компонентов.

4.3.4 Имитационное моделирование.

Имитационное моделирование. Адекватность моделей. Критерии адекватности. Представление геопространства в экологических моделях. Точечные (пространственно однородные) модели. Пример пространственно-однородной модели водной экосистемы. Пример CNPX-модели. Боксовые (блочные, резервуарные) модели. Пример двухрезервуарной по вертикали модели. Непрерывные (пространственно неоднородные) модели.

4.3.5 Глобальные социально-эколого-экономические модели

Модели устойчивого развития. Модели Римского клуба. Мир-1 Мир-2. Параметры и уравнения модели «Мир-2» Дж. Форрестера. Результаты моделирования и их оценка. Модель «Мир-3». Отличие модели «Мир-3» от предшествующих моделей. Модель Месаровича-Пестеля (1974). Модель В. Леонтьева «Будущее мировой экономики» (1977). Лоуренс Клейн и система «ЛИНК» (1977). Модель Всемирного банка «СИМЛИНК». Модель ГОЛ. СОМЭ – Система Оценки Мировой Энергетики. Модели ВПК. Система для анализа глобальной безопасности и устойчивого развития акад. И.В. Матросова (1997). Мировая экономика и модели эколого-экономического развития отдельных государств. Концепции и модели устойчивого развития цивилизации. Модели устойчивого развития регионов. Парадигма и стратегия и устойчивого развития. «Уроки будущего», определенные «Глобальной экологической перспективой» («ГЕО-3», Йоханнесбург, 2002).

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 4.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Концептуальная модель стратегии развития природных экосистем	2	2
3	Моделирование влияния температуры воды на рост планктонных водорослей	4	4

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
3	Моделирование влияния освещенности на рост первичных продуцентов в водной экосистеме	4	4
4	Моделирование лимитации биогенами продуцирования органического вещества фитопланктоном	4	4

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубления полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Самостоятельная работа предусматривает, как правило, выполнение вычислительных работ, графических заданий к лабораторным работам, подготовку к практическим занятиям.

Работа с литературой предусматривает самостоятельное изучение теоретического материала, разработку рефератов и других творческих заданий.

При самостоятельной работе над разделами дисциплины, при выполнении практических работ, при подготовке к тестам, дискуссиям и к промежуточному контролю студент должен изучить соответствующие разделы основной и вспомогательной литературы по дисциплине, а также использовать указанные в перечне интернет-ресурсы.

В процессе самостоятельной учебной деятельности формируются умения: анализировать свои познавательные возможности и планировать свою познавательную деятельность; работать с источниками информации: текстами, таблицами, схемами; анализировать полученную учебную информацию, делать выводы; анализировать и контролировать свои учебные действия; самостоятельно контролировать полученные знания.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 75;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;
- максимальное количество дополнительных баллов – 15.

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**.

Форма проведения **зачета**: устно по билетам.

Перечень примерных вопросов для подготовки к зачету:

УК-1

1. Что такое «система», чем простая система отличается от сложной. Назовите простые и сложные свойства сложной системы.
2. Что такое оценка, экологическая оценка, эколого-географическая, геоэкологическая оценка.
3. Что подлежит изучению и оценке в естественных и антропогенно-трансформированных природных системах.
4. На что влияет профессия исследователя, занимающегося оценкой состояния сложной природной системы.
5. В чем отличие системной географии от географии, системной экологии от экологии, геоэкологии. Чем должна была бы заниматься системная география, системная экология, системная геоэкология, системная социозэкология?
6. Что значит, оценить экологическое состояние; оценить состояние экосистемы. В чем разница между оценкой качества среды и оценкой экологического состояния?
7. Чем, по Вашему мнению, должна заниматься факториальная экология (геоэкология) и факториальная география (если бы такая была). Как Вы понимаете термин нанофактор?
8. Как Вы понимаете эмерджентность сложной системы? В чем она проявляется.

Перечень практических заданий к зачету: нет

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 5.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-10
Устный опрос	0-2
Расчетно-графические работы	0-5
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 6.

Распределение дополнительных баллов

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
Участие в НИРС	0-5
Участие в Олимпиаде	0-5
Активность на учебных занятиях	0-5
ИТОГО	0-15

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 7.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

Оценка	Баллы
Зачтено	40-100
Не зачтено	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Название дисциплины».

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки основных дефиниций, законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.
Практические занятия	Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно- теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную литературу, обращая внимание на практическое применение теории. Для ведения записей на практических занятиях обычно заводят отдельную тетрадь. Логическая связь лекций и практических занятий заключается в том, что информация, полученная на лекции, в процессе самостоятельной работы на практическом занятии осмысливается и перерабатывается, при помощи преподавателя анализируется до мельчайших подробностей, после чего прочно усваивается.
Лабораторная работа	Лабораторные занятия имеют целью практическое освоение студентами научно-теоретических положений изучаемой дисциплины, овладение ими техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов, привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой. По выполнению лабораторной работы студенты представляют отчет и защищают его. Защищенные отчеты студентов хранятся на кафедре до завершения изучения дисциплины.
Внеаудиторная работа	Представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает: – самостоятельное изучение разделов дисциплины; – подготовка к выполнению лабораторных работ, выполнение вычислительных и графических заданий к лабораторным работам, подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач; – выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий; – подготовку рефератов, сообщений и докладов.
Подготовка к экзамену, зачету	Зачет служит формой проверки выполнения студентами лабораторных и контрольных работ, усвоения материала практических занятий. Экзамен имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ. Подготовка к экзамену предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы и сдавшие зачет по данной дисциплине, предусмотренный в текущем семестре.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. *Ризниченко, Г. Ю.* Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 210 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07872-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451557>

2. *Ризниченко, Г. Ю.* Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 185 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07874-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452308>

Дополнительная литература

1. *Дмитриев В.В.* Методические указания по дисциплине «Системная экология» для высших учебных заведений. - СПб.: РГГМУ, 2010. - 39 с.— URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-515140952.pdf

2. *Примак Е.А., Зуева Н.В., Алексеев Д.К., Воякина Е.Ю.* Нормирование и снижение негативного воздействия на водные экосистемы: учебное пособие для высших учебных заведений. — СПб.: РГГМУ, 2020. — 116 с. — URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_8794dfe0fce0442bac20dbb67e76abec.pdf

3. *Еремина Т.Р., Волощук Е.В., Хаймина О.В.* Моделирование экосистем: практикум. — СПб.: РГГМУ, 2019. — 28 с. — URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_2b5936ccaaa64b2cb4793f2f90a8d47e.pdf

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. ResearchGate — бесплатная социальная сеть и средство сотрудничества учёных всех научных дисциплин - <https://www.researchgate.net/>
2. Федеральная служба государственной статистики - <https://rosstat.gov.ru/>

8.3. Перечень программного обеспечения

1. MicrosoftOffice — офисный пакет приложений

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. СПС Консультант Плюс

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://www.elibrary.ru/>
2. Электронная библиотечная система РГГМУ «ГидрометеОнлайн» - <http://elib.rshu.ru/>
3. База данных издательства SpringerNature.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.