

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ

Рабочая программа дисциплины

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная океанология

Уровень:
Бакалавриат

Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП

Царев В.А. Царев В.А.

Председатель УМС
И.И. Палкин И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
24 июня 2021 г., протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
12 мая 2021 г., протокол № 10
Зав. кафедрой Хаймина О.В. Хаймина О.В.

Авторы-разработчики:
Ерёмина Т.Р. Ерёмина Т.Р.
Хаймина О.В. Хаймина О.В.
Волощук Е.В. Волощук Е.В.

Санкт-Петербург 2021

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Моделирование морских экосистем" является формирование у студентов комплекса научных знаний в области математической экологии, предметом которой являются модели экологических объектов и процессов.

Задачи:

- изучение количественными методами основ структуры и функционирования водных экосистем,
- изучение уравнений моделей, описывающих динамику популяций при различных типах биологического взаимодействия в сообществе одной или нескольких популяций;
- изучение основных уравнений, описывающих биогеохимические процессы в водных экосистемах;
- получение знаний по составлению моделей для различных видов гидробионтов;
- знакомство с различными типами математических моделей морских и пресноводных экосистем.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.

Дисциплина «Моделирование морских экосистем» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 профессиональной подготовки бакалавров по направлению 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология», профиля «Прикладная гидрология» (Б1.В.07) и изучается в 8 семестре обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Введение в химию природных вод», «Экология», «Численные методы математического моделирования», «Химия океана».

Параллельно с дисциплиной «Моделирование морских экосистем» изучаются дисциплины «Оперативная океанография», «Программирование инженерных и научных задач в океанологии» и другие профильные дисциплины по выбору студента.. Дисциплина «Моделирование морских экосистем» является базовой для освоения дисциплин по направлению 05.04.05 Прикладная гидрометеорология: «Промысловая океанология», «Теория моделирования морских экосистем», «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду». Приобретенные знания и умения могут быть использованы при подготовке выпускных квалификационных работ соответствующей направленности.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций раздела ПК-4 (Способность анализировать гидрофизические, гидродинамические и гидрохимические процессы, происходящие в морях и океанах и их взаимосвязь с атмосферными процессами и процессами в водах суши): ПК-4.1, ПК-4.3, ПК-4.4.

Таблица 3

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-4: Способность анализировать гидрофизические,	ПК 4.1 Оценивает пространственно-временную изменчивость гидрофизических, гидродинами-	Знать: роль биогеохимических круговоротов в

гидродинамические и гидрохимические процессы, происходящие в морях и океанах и их взаимосвязь с атмосферными процессами и процессами в водах суши	ческих и гидрохимических процессов, происходящих в морях и океанах и их взаимосвязь с атмосферными процессами, процессами в водах суши и антропогенным влиянием.	функционировании экосистем Уметь: оценивать влияние гидрофизических, гидродинамических и гидрохимических процессов на формирование первичной продуктивности морских экосистем Владеть: навыками представления результатов анализа процессов, происходящих в морских экосистемах под влиянием естественных и антропогенных факторов
	ПК 4.3 Применяет методы математического моделирования для анализа и прогноза состояния океанов и морей.	Знать: основные принципы построения экологических моделей; Уметь: формулировать основные уравнения для описания динамики биологических сообществ Владеть: методами расчета влияния лимитирующих факторов на развитие биологических сообществ, методом расчета динамики популяций взаимодействующих между собой биологических сообществ
	ПК 4.4 Работает с пакетами прикладных программ при выполнении анализа и прогноза состояния океанов и морей.	Знать: основные уравнения, описывающие общие закономерности динамики биологических сообществ и их взаимодействие с морской средой, процессы переноса энергии и вещества в экосистемах Уметь: анализировать результаты расчетов и моделирования Владеть: представлениями о реализации биогеохимических модулей в моделях (ERSEM и др.)

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Таблица 4.1

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах (очная форма)

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
	8 семестр
Общая трудоёмкость дисциплины	108
Контактная¹ работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	42
в том числе:	
лекции	14
практические занятия	14
лабораторные занятия	14
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	66
в том числе:	
контрольная работа	
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	зачет

Таблица 4.1

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах (очная форма)

Объём дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения
	5 курс
Общая трудоёмкость дисциплины	108
Контактная² работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	12
в том числе:	
лекции	4
практические занятия	4
лабораторные занятия	4

Самостоятельная работа (СРС) – всего:	66
в том числе:	
контрольная работа	20
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	зачет

Таблица 5.1

Структура дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лаборатор- ные	Практич.	СРС			
1	Введение в математическую экологию.	8	2	-	2	10	Семинар (сообщения).	ПК-4	ПК-4.3
2	Моделирование динамики популяций биологических сообществ	8	4	4	4	18	Семинар (сообщения). Лабораторные работы	ПК-4	ПК-4.3
3	Биогеохимические круговороты и методы их моделирования.	8	4	4	4	22	Семинар (сообщения). Лабораторные работы	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.3 ПК-4.4
4	Моделирование первичной продуктивности водных экосистем	8	4	6	4	16	Семинар (сообщения). Лабораторные работы	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.3 ПК-4.4
	Итого 108 часов		14	14	14	66			

Таблица 5.2

Структура дисциплины для заочной формы обучения

№ п/п		Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.	Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения
----------	--	------	--	---	----------------------------	--------------------------

			Лекции	Лабораторные	Практич.	СРС			
1	Введение в математическую экологию.	5	1	0	1	20	Семинар(сообщения)	ПК-4	ПК-4.3
2	Моделирование динамики популяций биологических сообществ	5	1	2	1	24	Семинар (сообщения). Лабораторная работа	ПК-4	ПК-4.3
3	Биогеохимические круговороты и методы их моделирования.	5	1		1	24	Семинар (сообщения).	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.3 ПК-4.4
4	Моделирование первичной продуктивности водных экосистем	5	1	2	1	28	Семинар (сообщения). Лабораторные работы	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.3 ПК-4.4
	Итого 108 часов		4	4	4	96			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. Введение в математическую экологию

История развития математической экологии как науки. Основные понятия и определения. Балансовые уравнения в экологии. Классификация природных экосистем. Иерархия математических моделей – модели процессов, динамики популяций, первичной продуктивности, экосистем. Модели процессов: уравнение переноса и трансформации вещества и его использование в экосистемных моделях.

4.2.2. Моделирование динамики популяций биологических сообществ

Простейшие математические модели популяционной динамики. Исследование однородной популяции, живущей изолировано в неизменной среде. Математическое описание сосуществования двух биологических видов, имеющих общий ресурс. Уравнение Вольтерра. Уравнение Бернулли. Закон сохранения средних значений. Модель межвидовой конкуренции по типу хищник-жертва (модель Лотке- Вольтерра). Изменение численности популяции хищника и жертвы при искусственном уничтожении особей обоих видов. Обобщенные модели Вольтера по типу хищник-жертва. Уравнения Колмогорова для описания динамики популяций хищника и жертвы. Понятие о трофической функции. Закон конкурентного исключения (принцип Гаузе). Понятие об экологической нише.

4.2.3. Биогеохимические круговороты и методы их моделирования

Роль биогеохимических круговоротов в функционировании экосистем. Моделирование кислородного режима и круговорота лабильного органического вещества в водных экосистемах. Моделирование круговорота биогенных элементов – соединений фосфора, азота и кремния. Реализации биогеохимических модулей в моделях (ERSEM).

4.2.4 Моделирование первичной продуктивности водных экосистем

Моделирование сезонной динамики биогенных элементов водных экосистем. Моделирование динамики фитопланктона – роста, смертности, оседания, выедания зоопланктоном. Моделирование первичной продуктивности. Модели продуктивности. Учет в моделях продуктивности влияния лимитирующих факторов. Моделирование динамики зоопланктонных сообществ, моделирование зоопланктонных сообществ с учетом возрастной структуры. Математические модели бентосных сообществ (ERSEM и др.). Влияние антропогенных факторов на бентосные сообщества.

4.3. Практические занятия, их содержание

Таблица 6.1.

Содержание лабораторных и практических занятий для очной формы обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	2	Лабораторная работа №1 Моделирование динамики 2-х видовой экосистемы, с популяциями взаимодействующими по типу «хищник – жертва» (модель Лотки – Вольтерра) Лабораторная работа №2 Моделирование взаимодействия популяций по типу «хищник–жертва (Модель Лотки – Вольтерра)» в игровом формате	4	4
2	3	Лабораторная работа № 3. Моделирование переноса фосфора в водоеме	4	4
3	3,4	Лабораторная работа №4 Моделирование влияния температуры на рост фитопланктона. Лабораторная работа №5 Моделирование влияния освещенности на рост фитопланктона. Лабораторная работа №6 Оценка удельной скорости роста водорослей в зависимости от внутриклеточного содержания биогенных соединений. Лабораторная работа №7 Моделирование фильтрационной активности зоопланктона.	6	6
4	1-4	Семинарские занятия: Математические модели экосистем водоемов	14	

Таблица 6.2.

Содержание лабораторных и практических занятий для заочной формы обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	2	Лабораторная работа №1 Моделирование динамики 2-х видовой экосистемы, с популяциями взаимодействующими по типу «хищник – жертва» (модель Лотки – Вольтерра)	2	2
3	3,4	Лабораторная работа №4 Моделирование влияния температуры на рост фитопланктона. Лабораторная работа №5 Моделирование влияния освещенности на рост фитопланктона.	2	2
4	1-4	Семинарские занятия: Математические модели экосистем водоемов	4	

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

Электронные ресурсы, разработанные в рамках дисциплины, размещенные на сайте «Моделирование экосистем» в интерактивной системе SAKAI РГГМУ (<http://sakai.rshu.ru>):

- конспекты лекций;
- методические указания по дисциплине для студентов заочного обучения;
- задание контрольной работы для студентов заочного обучения;
- практикум по дисциплине.

Доступ к электронным ресурсам осуществляется авторизованными пользователями. Это требует самостоятельной регистрации студентом на сайте SAKAI РГГМУ (<http://sakai.rshu.ru>) и последующего подключения к сайту дисциплины преподавателем по ID студента.

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 – 63;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 7;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации – 30.

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 (8 семестр или 5 курс).**

Форма проведения зачета:

- для очной формы обучения - устный опрос по вопросам;

-для заочной формы обучения - устный опрос по вопросам.

Перечень вопросов для подготовки зачету:

ПК-4

1. Балансовые уравнения в экологии.
2. Классификация экосистем
3. Модели процессов: модели переноса и трансформации вещества.
4. Модели популяций.
5. Борьба двух видов за общий ресурс.
6. Сосуществование 2-х биологических видов.
7. Модель Вольтерра динамики популяций Хищник-Жертва.
8. Закон о средних значениях численности взаимодействующих популяций.
9. Борьба n-видов за общий ресурс
10. Трофическая функция. В каких уравнениях используется, ее возможные виды.
11. Закон Гаузе. Понятие об экологической нише.
12. Моделирование первичной продуктивности.
13. Закон Либиха. Лимитирующие факторы.
14. Моделирование фитопланктона.
15. Биогеохимический цикл фосфора и азота в водной среде.
16. Цикл кислорода в водной среде.
17. Уравнения динамики популяций Колмогорова
18. Моделирование зоопланктона
19. Моделирование динамики популяции бентоса.
20. Влияние антропогенных факторов на бентосные сообщества.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 14.

Распределение баллов по видам учебной работы 8 семестр очного обучения

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий при наличии конспекта	0-7
Лабораторная работа №1 Моделирование взаимодействия популяций по типу «хищник–жертва (Модель Лотки – Вольтерра)»	0-7
Лабораторная работа №2 Моделирование взаимодействия популяций по типу «хищник–жертва (Модель Лотки – Вольтерра)» в игровом формате	0-9
Лабораторная работа № 3. Моделирование переноса фосфора в водоеме	0-9
Лабораторная работа № 4. Моделирование влияния температуры на рост фитопланктона.	0-7
Лабораторная работа №5. Моделирование влияния освещенности на рост фитопланктона	0-7
Лабораторная работа № 6 Оценка удельной скорости роста водорослей в зависимости от внутриклеточного содержания биогенных соединений	0-7
Лабораторная работа № 7 Моделирование фильтрационной активности зоопланктона	0-7
Доклад на семинаре «Математические модели экосистем водоемов»	0-10
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Распределение баллов по видам учебной работы 5 курс заочного обучения

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий при наличии конспекта	0-4
Контрольная работа	0-35
Лабораторная работа №1 Моделирование взаимодействия популяций по типу «хищник–жертва (Модель Лотки – Вольтерра)»	0-7
Лабораторная работа №4 Моделирование влияния температуры на рост фитопланктона.	0-7
Лабораторная работа №5 Моделирование влияния освещенности на рост фитопланктона	0-7
Доклад на семинаре Математические модели экосистем водоемов	0-10
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

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

Таблица 16.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете с учетом результатов освоения дисциплины

Оценка	Баллы
Зачтено	56-100*
Незачтено	0-55*

***В итоговой оценке результат ответа на вопрос зачета не должен быть менее 16 баллов.**

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 «Моделирование морских экосистем».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) Основная литература

1. *М.Ф. Романов, М.П. Фёдоров* Математически модели в экологии. СПб.: Изд-во «Иван Фёдоров», 2003.- 228 с.
2. *М.Ф. Романов, М.П. Фёдоров* Математические основы экологии. – СПб.: СПбГТУ, 1999. – 155 с.
3. *Еремина Т.Р., Волощук Е.В., Хаймина О.В.* Моделирование экосистем: практикум.- СПб.: РГГМУ, 2019 -28 с.– URL:
http://elibr.rshu.ru/files_books/pdf/rid_2b5936ccaaa64b2cb4793f2f90a8d47e.pdf

б) Дополнительная литература:

1. *Голубятников Л.Л.* Цикл азота в земной климатической системе и его моделирование [Электронный ресурс] / Л.Л. Голубятников, И.И. Мохов, А.В. Елисеев. // Известия Российской академии наук. Серия ФАО. - 2013. - Т. 49. № 3. - С. 255-270. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19051201>

2. *Савчук О.П., Вулфф Ф.* Круговорот азота и фосфора в открытой Балтике /В кн.: Проект «Балтика». Проблемы исследования и математического моделирования экосистемы Балтийского моря. Вып.5. СПб: Гидрометеиздат, 1997. С. 63—103.
3. *Менишуткин В.В.* Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция). – Петрозаводск– Санкт-Петербург, 2010. – 416 с.
4. *Менишуткин В.В., Руховец Л.А., Филатов Н.Н.* Моделирование экосистем пресноводных озер (обзор). 2. Модели экосистем пресноводных озер. – Водные ресурсы.– 2014.– т.41.– №1.– с. 24-38
5. *Менишуткин В.В.* Имитационное моделирование водных экологических систем. СПб.: Наука, 1993. 160 с.
6. *Якушев Е. В.* Математическое моделирование распределения и изменчивости соединений фосфора в водах океана // Гидрохимические процессы в океане.– М.: Изд ИОАН СССР, 1985.– С. 38-54
7. *Якушев Е.В., Михайловский Г.Е.* Моделирование химико-биологических циклов в Белом море: расчет сезонной изменчивости фосфора, азота и кислорода//Океанология, 1993, т. 33, N 5. С. 695-702
8. *Владимирова О. М., Еремина Т. Р., Исаев А. В., Рябченко В. А., Савчук О. П.* Моделирование растворенного органического вещества в Финском залив.– Фундаментальная и прикладная гидрофизика.–2018.– т. 11.– №4 .– С.90-102
9. *Savchuk O. P.* Nutrient biogeochemical cycles in the Gulf of Riga: scaling up field studies with a mathematical model // J. Mar. Sys. 2002. 32. P. 235—280

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Цифровая платформа sakai: сайт дисциплины «Моделирование экосистем»

8.3. Перечень программного обеспечения

- 1.Операционные системы Windows 7,10;
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office

8.4. Перечень информационных справочных систем не предусмотрено

8.5. Перечень профессиональных баз данных:

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. Справочник «Биофизики России». Раздел «Библиотека». Электронный ресурс.– Режим доступа: <http://www.library.biophys.msu.ru>.
3. Сайт журнала «Ecological Modelling». Электронный ресурс.– Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/journal/ecological-modelling>

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, мультимедийная аудитория, оснащенная компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет"

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 в интерактивной системе SAKAI РГГМУ (<http://sakai.rshu.ru>).

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и комплексного управления прибрежными зонами от 30.06.2022 №12