

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ

Рабочая программа дисциплины

**ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):

**Океанология**

Уровень:

**Магистратура**

Форма обучения

**Очная/заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Океанология»

  
\_\_\_\_\_ Аверкиев А.С.

Председатель УМС

 И.И. Палкин

Рекомендована решением

Учебно-методического совета РГГМУ  
 2021 г., протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

12 марта 2021 г., протокол № 10  
Зав. кафедрой  Хаймина О.В.

Автор-разработчик:

 Еремина Т.Р.

Санкт-Петербург 2021

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель** освоения дисциплины – подготовка магистров, обучающихся по направлению «Прикладная гидрометеорология», владеющих знаниями в области методов анализа и прогнозирования состояния морей и океанов.

### Задачи:

- изучение теоретических основ построения математических моделей морских экосистем;
- обучение постановке целей, задач и выбору типа экосистемной модели для проведения научных исследований по охране вод Мирового океана
- освоение методов моделирования экологических процессов, протекающих в естественных условиях, методов формального упрощения сложных природных систем и методологических основ построения имитационных моделей морских экосистем.

## 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Теория моделирования морских экосистем» входит в состав дисциплин по выбору вариативной части профессионального цикла образовательной программы подготовки магистров по направлению 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология общеобразовательной программы (ОПОП) – «Океанология» и изучается в 3-ем семестре.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математические методы решения океанологических задач», «Физика океана», «Моделирование экосистем» из уровня подготовки бакалавров по профилю - Прикладная океанология направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология. Параллельно с дисциплиной «Теория моделирования морских экосистем» изучается «Моделирование природных систем».

Дисциплина «Теория моделирования морских экосистем» является базовой для преддипломной и научно-исследовательской практики, подготовки и написания магистерской диссертации.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: ПК-1 (ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.4).

### Профессиональные компетенции

ПК-1.1	Определяет цели, задачи и методы научных исследований по промысловой океанологии и рациональному использованию морских биоресурсов
ПК-1.3	Определяет цели, задачи и методы научных исследований по охране вод Мирового океана
ПК-1.4	Осуществляет практические действия, направленные на выполнение этапов научных исследований, формирует заключения и выводы по результатам исследований

Профессиональные компетенции *(для ФГОС 3++)*

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
<p>ПК -1 Способен разрабатывать и реализовывать программы научных исследований по прикладной океанографии, охране морских вод и рациональному использованию ресурсов Мирового океана</p>	<p>ПК-1.1 Определяет цели, задачи и методы научных исследований по промысловой океанологии и рациональному использованию морских биоресурсов</p>	<p><i>Знать:</i> основные принципы построения математических моделей морских экосистем  <i>Уметь:</i> осуществлять выбор математической экосистемной модели для решения конкретных задач для различных морских экосистем  <i>Владеть:</i> навыками составления рекомендаций по рациональному использованию морских биоресурсов на основе результатов моделирования</p>
	<p>ПК-1.3 Определяет цели, задачи и методы научных исследований по охране вод Мирового океана</p>	<p><i>Знать</i> принципы построения имитационных моделей экосистем, подходы к формальному упрощению сложных природных систем  <i>Уметь:</i> выполнять сокращение параметров модели в зависимости от типа водной экосистемы.                      Способен выполнить анализ результатов расчетов.  <i>Владеть:</i> навыками составления рекомендаций по охране вод Мирового на основе результатов моделирования</p>
	<p>ПК-1.4. Осуществляет практические действия, направленные на выполнение этапов научных исследований, формулирует заключение и выводы по результатам исследований</p>	<p><i>Знать:</i> методы моделирования биогеохимических процессов, протекающих в естественных условиях, методы формального упрощения сложных природных систем и методологических основ построения имитационных моделей морских экосистем.  <i>Уметь:</i> сформулировать отдельные модули математических мо-</p>

		делей морских экосистем; <i>Владеть:</i> навыками работы с программными пакетами по моделированию экосистемных процессов
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Объем дисциплины	Всего часов		
	Очная форма обучения	Очно-заочная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	108	-	108
<b>Контактная<sup>1</sup> работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего<sup>2</sup>:</b>		-	
в том числе:			
лекции	14		8
практические занятия	12		2
семинарские занятия	16		2
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	66		96
в том числе:			
курсовая работа			
контрольная работа			
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	Экз.		Экз

#### 4.2. Структура дисциплины

##### Очная форма обучения

№ п/п	Раздел и тема дисциплины <sup>3</sup>	3 Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Семинар Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1	Основные понятия биохимии морской среды и динамики		4	8	18	Семинары, доклады с презента-	ПК-1	ПК-1.1

	роста популяций					цией, практические работы		
2	Принципы построения экосистемных моделей. Имитационные модели экосистем		6	8	20	Семинары, доклады с презентацией, Практические работы.	ПК-1	ПК-1.1, 1.4
3	Моделирование диагенеза в донных отложениях		2	8	16	Практическая работа	ПК-1	ПК-1.4
4	Модели больших морских экосистем		2	4	14	Семинары, доклады с презентацией	ПК-1	ПК-1.3
	<b>ИТОГО,</b>	144	14	28	66			

#### Заочная форма обучения 2021

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Семинар . Практич.	Самост. работа			
1	Основные понятия биохимии морской среды и динамики роста популяций		2	1	20	Семинары, доклады с презентацией,	ПК-1	ПК-1.1
2	Принципы построения имитационных моделей экосистем		2	1	38	Практическая работа	ПК-1	ПК-1.1, 1.4
	Моделирование диагенеза в донных отложениях		2	1	16	Практическая работа	ПК-1	ПК-1.3, ПК-1.4
3	Модели больших морских экосистем.		2	1	36	Семинар, доклады с презентацией,	ПК-1	ПК-1.3
	<b>ИТОГО</b>	108	8	4	96			

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### 1. Основные понятия биохимии морской среды и динамики роста популяций

Биохимические круговороты элементов. Вещество и энергия в экосистемах. Особенности протекания биогеохимических реакций. Принцип "узкого места". Фотосинтез. Дыхание. Замкнутая система и хемостат. Основные положения и уравнения роста изолированной популяции. Эффект группы в регуляции плотности популяции. Смена лимитирующего фактора при моделировании роста популяций.

### 2. Принципы построения имитационных моделей экосистем

Основные аспекты системного подхода при моделировании экосистем. Классификация моделей экосистем. Описание пространственных потоков вещества и пространственного распределения организмов. Упрощения сложных природных систем Имитационное моделирование. Теоретическое исследование модели. Выявление чувствительности модели к отдельным параметрам, корректировка. Выработка гипотез о причинах изменений в экосистемах и выявление биологических объектов, определяющих течение процесса. Численное экспериментирование с моделью при различных сценариях воздействия на экосистему, прогноз и рекомендации по результатам моделирования.

### 3. Моделирование диагенеза в донных отложениях

Основные понятия и определения. Диагенез соединений фосфора и железа в окислительных и восстановительных условиях. Биогеохимические процессы, включенные в диагенетическую модель CANDI. Динамические процессы, включенные в модель CANDI. Биотурбация и биоирригация. Изменения коэффициента биотурбации с глубиной. Окисление органического вещества согласно схеме Моно.

### 4. Модели больших морских экосистем.

Модель экосистемы Черного моря. Экосистемная модель Азовского моря. Модель экосистемы Белого моря. Модель эвтрофикации Финского залива Балтийского моря.

## 4.4. Содержание занятий семинарского типа

№ раздела дисциплины	Наименование практического и семинарского занятия	Формируемые компетенции
1	Замкнутая система и хемостат. Эффект группы в регуляции плотности популяции. Принцип "узкого места". Смена лимитирующего фактора при моделировании роста популяций. -	ПК-1.1

№ раздела дисциплины	Наименование практического и семинарского занятия	Формируемые компетенции
	семинары	
1	Моделирование круговорота фосфора с помощью моделирующей системы STEPS	ПК-1.1
2	Моделирование эвтрофикации Балтийского моря с использованием моделирующей системы поддержки принятия решений MARE NEST	ПК-1.3, ПК-1.4
3	Исследование чувствительности бентосной (диагенетической) модели CANDI – практ.;	ПК-1.3, ПК-1.4
4	Модели больших морских экосистем: Белого моря, Черного моря, Азовского моря, Финского залива Балтийского моря.	ПК-1.3

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### 5.1 Текущий контроль

-сообщение по теме семинара и(или) участие в семинаре (контроль по степени активности участия в дискуссии);

- расчетные задания.

Темы семинарских занятий;

1. Принцип "узкого места".
2. Замкнутая система и хемостат.
3. Смена лимитирующего фактора при моделировании роста популяций.
4. Эффект группы в регуляции плотности популяции.
5. Модель экосистемы Черного моря
6. Экосистемная модель Азовского моря
7. Модель экосистемы Белого моря
8. Модель экосистемы Финского залива Балтийского моря

### 5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Вид учебных занятий	Организация самостоятельной работы студента
Лекции	Проработка теоретического материала по конспектам и с использованием дополнительной литературы. Записать вопросы, вызывающие трудности, либо не понимание и задать их преподавателю на семинарском или практическом занятии
Расчетные	Проработать теоретическую часть задания. Выполнить расчеты, построить графики и

работы	провести анализ полученных результатов. Подготовить отчет по работе, использовать при подготовке отчета дополнительную литературу соответствующей тематики.
Семинарские занятия	Выбрать тему из предлагаемых преподавателем. Осуществить поиск литературных источников. Использовать информационную среду океанологического факультета, созданную на базе платформы SAKAI (предварительно зарегистрироваться в SAKAI у преподавателя), профильные Интернет сайты и строго научную литературу. Подготовить материал доклада и презентацию. При подготовке презентации придерживаться определенной структуры доклада. Презентацию разместить в SAKAI
Подготовка к экзамену	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекции, использовать презентации семинарских занятий, расчетные работы, дополнительные литературные источники.

## 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 - 62;

- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 8 - -  
 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. Текущий контроль реализуется в электронном виде в интерактивной системе SAKAI (sakai.rshu.ru)

### 6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен** (3 семестр)

Форма проведения **экзамена**: устно по билетам, при дистанционной форме обучения- письменно по билетам.

#### Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

##### ПК-1

1. Особенности протекания биогеохимических реакций. Принцип "узкого места".
2. Перечислить основные лимитирующие рост фитопланктона факторы и пояснить их действие.
3. Замкнутая система и хемостат
4. Принцип минимума и смена лимитирующего фактора
5. Эффект группы в регуляции плотности популяции

6. Основные шаги, необходимые для построения математической экосистемной модели
7. Иммитационные модели. Основные принципы построения, упрощения уравнений модели.
8. Анализ чувствительности модели
9. Уравнение Моно
10. Динамические процессы, включенные в модель CANDI
11. Что такое биотурбация и биоирригация?
12. Способы задания изменения коэффициента биотурбации с глубиной
13. Диагенез соединений фосфора и железа в окислительных и восстановительных условиях.
14. Окисление органического вещества согласно схеме Моно.
15. На каких моделях основана система принятия решений NEST и что можно моделировать с ее помощью.
14. Какой параметр является характеристикой эвтрофикации вод в системе NEST и какие меры могут привести в улучшению состояния морской среды Балтийского моря.
16. Модель переноса детрита (на примере изучения радиоактивности в районе затонувшей подводной лодки).
17. Основные положения модели экосистемы Черного моря
18. Экосистемная модель Азовского моря
19. Основные положения модели экосистемы Белого моря

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 1

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-8
Сдача практических заданий в установленные сроки	0-40
Выступление с докладом на семинаре в установленные сроки	0-22
Промежуточная аттестация	0-30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

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

Таблица 2

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	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 «Теория моделирования морских экосистем».

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

1 Алексеев В.В., Крышев И.И., Сазыкина Т.Г. Физическое и математическое моделирование экосистем - СПб.: Гидрометеоздат, 1992.- с.313 – 323.

#### **б) дополнительная литература:**

1. *Залесный В.Б.* Моделирование морской экосистемы высокого пространственного разрешения с помощью гидроэкологической модели FRESCO [Электронный ресурс] / В.Б. Залесный, Р. Тамсалу // Известия Российской академии наук. Серия ФАО. - 2009. - Т. 45. № 1.- С. 108-122. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11687627>
2. *Мениуткин В.В.* Искусство моделирования. 2010. Изд.КНЦ, Петрозаводск, 420 с.
3. *Леонов А.В.* Математическое моделирование трансформации и рециклинга биогенных веществ в субтропической прибрежной морской экосистеме [Электронный ресурс] / А.В. 4.
4. *Леонов, В.И. Сухорук, М.В. Баркова* // Океанология. - 2008. - Т. 48. № 4. - С. 537-552. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11032006>

### **8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**

Лекции и презентации на семинарских занятиях, методические материалы по выполнению типовых научных заданий, вспомогательные информационные ресурсы, размещенные на информационной среде платформы SAKAI.

### **8.3. Перечень программного обеспечения**

Операционные системы windows 7, 10

Пакет прикладных программ Microsoft Office

Моделирующая программная система "CARDINAL" и справочник для пользователя, размещенные на информационной среде платформы SAKAI.

### **8.4. Перечень информационных справочных систем**

Электронно-библиотечная система elibrary, моделирующая система MARENest (<https://marenest/su.se>)

### **8.5. Перечень профессиональных баз данных**

DAS, База данных Стокгольмского университета (Швеция)

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

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа № 311, Учебный корпус №2 г. Санкт-Петербург, Металлистов проспект, д. 3 – 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 № 401а**, Учебный корпус №2 г. Санкт-Петербург, Металлистов проспект, д. 3 - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

**Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации № 311-** Учебный корпус №2 г. Санкт-Петербург, Металлистов проспект, д. 3 укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

**Помещение для самостоятельной работы № 401а** – 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.

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

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2023/2024 учебный год без изменений

Протокол заседания кафедры прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и комплексного управления прибрежными зонами от 22.06.2023 №12