

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладной океанографии ЮНЕСКО МОК и охраны природных вод

Рабочая программа по дисциплине

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):

Физика

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения


Очная


Согласовано
Руководитель ОПОП
«Физика»


Бобровский А.П.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
19 июля 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
22 марта 2018 г., протокол № 7
Зав. кафедрой  Ерёмина Т.Р.

Автор-разработчик:
 Ерёмина Т.Р.

Составитель: Т.Р.Ерёмина – зав. кафедрой ЮНЕСКО-МОК дистанционного зондирования и моделирования в океанографии

Российского государственного гидрометеорологического университета

Рецензент: Рябченко В. А., д. физ.-мат.наук, зав. лаб. Санкт-Петербургского отд. института океанологии им. П.П. Ширшова РАН

© Т.Р. Ерёмина, 2018

© РГГМУ, 2018

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование у студентов знаний и представлений о различных видах хозяйственной деятельности, приводящих к нарушению естественных водных экосистем, о методе математического моделирования как инструменте получения оценки и прогноза изменений в водных экосистемах в условиях антропогенного воздействия.

Основные задачи дисциплины:

- ознакомление с основными видами антропогенных воздействий на водные экосистемы;
- изучение основных принципов построения математических моделей водных экосистем с учетом различных видов антропогенного воздействия;
- получение представлений о методах расчета переноса загрязнений в природных водах при различных видах антропогенной нагрузки;
- приобретение практических навыков построения простых моделей антропогенных воздействий на водные системы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы» по направлению подготовки 03.03.02 "Физика" относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны изучить разделы дисциплин: «Математика», «Химия», «Физика атмосферы и гидросферы», «Численные методы и математическое моделирование», «Геофизическая гидродинамика» из уровня подготовки бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 "Физика".

Дисциплина «Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы» позволяет более полно усвоить материал параллельно

изучаемых дисциплин «Экологический мониторинг», «Техногенные системы и экологический риск».

Дисциплина «Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы» является базовой при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра

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.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных

	концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)
ОПК-2	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
ПК-1	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Бакалавр должен **знать**:

- виды антропогенных воздействий на водные экосистемы (ОПК-1;ПК-1);
- основные принципы построения математических моделей водных экосистем в условиях антропогенных воздействий (ОПК-1; ПК-1);

Бакалавр должен **уметь**:

- формулировать основные уравнения математической модели переноса и распространения загрязнений в водных экосистемах (ПК-1);
- применять методы расчета распространения и трансформации загрязнений для различных водных экосистем (ОПК-2, ПК-1);

владеть методами расчета распространения загрязнений в природных водах от различных источников антропогенной нагрузки (ОПК-1, ПК-1, ПК-2).

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень)	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
освоения компе- тенции	1.	2.	3.	4.	5.
мини- мальный	не владеет никакими навыками	Имеет слабое представление о методах расчета распространения загрязнений, не	Способен выделять основные виды антропогенных воздействий, однако не	Владеет полученными при обучении методами расчета распространения загрязне-	Способен формулировать задачу в зависимости от вида источника за-

		владеет терминологией	может давать обоснование при выборе модели для расчетов. Не уверено владеет методами расчета переноса загрязнений	ний, однако не способен выполнить анализ результатов расчетов	грязнений, владеет отдельными методами расчета переноса загрязнений
	не умеет ничего	Не умеет применять знание	Способен сформулиро-	Способен сформулиро-	Умеет выполнять сокраще-

		физических законов для построения математических моделей	вать основные принципы построения математических моделей переноса загрязнений в водной среде..	вать основные принципы построения математических моделей переноса загрязнений в водной среде..	ние параметров модели а зависимости от типа водной экосистемы. Способен выполнить анализ результатов расчетов.
	не знает ничего	Допускает грубые ошибки	Знает основные физические	Знает основные принципы по-	Знает основные принципы

		при формулировании уравнений математической модели	ские законы, на основе которых записываются уравнения для расчета распространения загрязнений, однако не уверено применяются их.	строения математических моделей распространения загрязнений, но не способен применить знания для конкретного типа водной системы.	построения математических моделей распространения загрязнений и способен применить знания для конкретного типа водной системы.
--	--	--	--	---	--

базовый	Не владеет	Имеет представление о методах расчета распространения загрязнений, но слабо владеет полученными ранее навыками аналитического и численного решения математических урав-	Не уверено владеет методами расчета переноса загрязнений. Не способен давать обоснование при выборе модели для расчетов.	Владеет полученными при обучении методами расчета распространения загрязнений, однако не способен выполнить анализ результатов расчетов.	Способен формулировать задачу в зависимости от вида источника загрязнений, уверенно владеет методами расчета переноса загрязнений и анализирует резуль-
---------	------------	---	--	--	---

		нений.			таты
	Не умеет	Допускает небольшие ошибки при формулировании уравнений математической модели	Использует методы расчета загрязнения, однако не способен выполнить анализ результатов, способен записать основные уравнения, исполь-	Умеет выполнить выбор метода расчета загрязнения в зависимости от постановки задачи. Способен записать основные уравнения и пояснить каждый член	Умеет применять методы расчета загрязнения к различным типам водных экосистем и видам антропогенной нагрузки на них. Способен за-

			<p>зуемые для расчета переноса загрязнений, но слабо понимает их физический смысл.</p>	<p>уравнения. Умеет подготовить отчет о проделанной работе без значительных замечаний.</p>	<p>писать основные уравнения и пояснить каждый член уравнения. Умеет подготовить отчет о проделанной работе без значительных замечаний.</p>
--	--	--	--	--	---

	Не знает	Знает отдельные виды антропогенных воздействий на водные экосистемы; допускает ошибки при формулировании основных принципов построения математических моделей вод-	Не уверено знает наиболее распространенные виды антропогенных воздействий на водные экосистемы; не способен точно сформулировать основные принципы по-	Уверено знает наиболее распространенные виды антропогенных воздействий на водные экосистемы; способен сформулировать основные принципы построения мате-	Уверено знает наиболее распространенные виды антропогенных воздействий на водные экосистемы; способен применять системный анализ для формулирова-
--	----------	--	--	---	---

		ных экосистем в условиях антропогенных воздействий.	строения математических моделей водных экосистем.	делей водных экосистем;	ния принципов построения.
продвинутый	Не владеет	Имеет представление о методах расчета распространения загрязнений, понимает назначение	Владеет полуженными процессе обучения знаниями о методах расчета пространства	Владеет способностью применять на практике методы расчета пространства загрязнений..	Свободно владеет методами расчета распространения загрязнений, владеет численными

		разных методов, но слабо неуверенно владеет полученными при обучении навыками самостоятельного решения задач.	загрязнений, способен выполнить анализ полученных результатов, но с консультацией преподавателя.	Способен самостоятельно и грамотно анализировать полученные при выполнении расчетов результаты.	методами для расчетов, обладает навыками программирования, .
	Не умеет	Не допускает ошибок при	Способен записать основ-	Умеет сформировать само-	Свободно умеет форму-

		<p>формулировании уравнений математической модели, но затрудняется в понимании физического смысла отдельных членов уравнения. Умеет применять методы расчета, но при</p>	<p>ные уравнения, используемые для расчета переноса загрязнений, понимает их физический смысл. Умеет на основе полученных результатов заполнить анализ изучаемых</p>	<p>стоятельно уравнения применительно к физическому объекту, может записать крайние условия и выбрать метод расчета. Умеет применять методы расчета для решения кон-</p>	<p>лировать постановку задачи и записывать уравнения модели применительно к физическому объекту, записать крайние условия и выбрать метод расчета.</p>
--	--	--	--	--	--

		консультациях с преподавателем.	процессов и явлений. Умеет подготовить отчет о проделанной работе без значительных замечаний.	кретных задач и анализировать результаты самостоятельно.	Умеет при- менять мето- ды расчета для решения конкретных задач и анали- зировать ре- зультаты са- мостоятельно, привлекать для анализа дополнительную литера-
--	--	---------------------------------	---	--	--

					туру и информационные источники.
	Не знает	Не уверено знает виды антропогенных воздействий и последствия загрязнения водной среды. Знает основы по-	Знает теоретические подходы к построению математических моделей водных экосистем. Понима-	Уверено знает теоретические подходы к построению математических моделей водных экосистем. Понимает	Уверено знает теоретические подходы к построению математических моделей водных экосистем и способен

		<p>строения моделей водных систем, но неуверенно дает описание взаимодействий различных факторов внутри системы.</p>	<p>ет принципы выделения областей моделирования и может применять элементы системного анализа для выделения области моделирования. Знает как применить метод расчета</p>	<p>принципы выделения областей моделирования и может применять элементы системного анализа для выделения области моделирования. Знает как грамотно применить метод рас-</p>	<p>предложить альтернативные подходы. Свободно знает как применять нужный метод расчета для различных водных систем. Может подготовить статью по результатам</p>
--	--	--	--	---	--

			распространения загрязнений для конкретного водного объекта, но с консультацией у преподавателя.	чета распространения загрязнений для конкретного водного объекта, та без консультации у преподавателя.	расчетов переноса загрязнений.
--	--	--	--	--	--------------------------------

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины 3 з.е. (108 часа), из них аудиторных занятий 42 часа и 66 часов самостоятельная работа студентов, в том числе в интерактивной форме.

4.1. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар	Практич. Самост. работа			
1	Антропогенное воздействие на водные экосистемы	8	2	4	12	Дискуссия по вопросам семинара. Сообщения и доклады.	2	ОПК-1, ПК-1, ОПК-2
2	Общие принципы построение моделей водных систем	8	4	8	24	Дискуссия по вопросам семинара. Сообщения и доклады. Сообщения и доклады.	8	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
3	Математическое моделирование антропогенных воздействий на	8	6	12	36	Сообщения и доклады, зачет.	12	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар	Практич. Самост. работа			
	водные экосистемы							
	ИТОГО		12	24	72		24	

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Антропогенное воздействие на водные экосистемы

Ключевые проблемы современного состояния водных экосистем. Загрязнение внутренних вод и морей. Виды антропогенной нагрузки: атмосферные загрязнения, поверхностный сток, промышленные и хозяйственно-бытовые сбросы, смыв удобрений с сельскохозяйственных угодий, зарегулированность стока рек, дреджинг, нефтяное и радиоактивное загрязнение. Последствия антропогенных воздействий на водные экосистемы. Антропогенные изменения климата.

4.2.2 Общие принципы построение моделей водных экосистем систем

Классификация математических моделей. Использование системного анализа для изучения водных систем. Выделение границ области, определение размерности сис-

темы, выделение управляющих переменных, определение “входов” и “выходов” системы, сокращение размерности системы. Уравнение адвекции-диффузии. Параметризация процессов горизонтального и вертикального турбулентного обмена. Параметризация процессов физических и химико-биологических процессов в водной среде. Некоторые аспекты численного решения уравнения адвекции-диффузии.

4.2.3 Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы

Методы расчета переноса загрязнений. Моделирование процессов начального разбавления и распространения промышленных и бытовых стоков. Моделирование распространения нефтяного загрязнения. Факелы, струи – основные определения. Примеры моделирования струй, факелов и термик в конкретных географических условиях. Модели экосистем для исследования процесса эвтрофикации. Модели глобального развития.

4.3. Практические и семинарские занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Формируемые компетенции
1	2	Исследование закономерности роста популяции морского бактериопланктона в водах различной трофности.	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
2	2	Расчет растекания нефтяного пятна	ОК-1, ПК-2,
3	3	Боксовая модель взаимодействия РК-БПК ₅ в эстуарии	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
4	3	Моделирование качества вод в малом озере (компьютерная игра «Озеро»)	ОК-1, ПК-2,
5	3	Расчет вертикальной скорости распространения струй загрязнений	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Формируемые компетенции
6.	1	Глобальные изменения климата: атмосфера, океан, воды суши, криосфера	ОК-1, ПК-1,
7	1	Нефтяные загрязнения и их опасность для водных экосистем	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
8	2	Лангранжев подход к реализации уравнения переноса примесей	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
9	2	Процессы самоочищения водной среды	ПК-1, ПК-2,
10	3	Струи и факелы загрязнений	ПК-1, ПК-2,
11	3	Учет седиментации и взмучивания в расчетах по переносу взвешенного материала. Взвесенесущие потоки. Кривая Шильдса	ПК-1, ПК-2,
12	3	Модели глобального развития	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2

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.

5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Вид учебных	Организация самостоятельной работы студента
-------------	---

занятий	
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 работы	Проработать теоретическую часть задания. Выполнить расчеты, построить графики и 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 зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекции, использовать презентации семинарских занятий, расчетные работы, дополнительные литературные источники.
---------------------	--

5.3 Промежуточный контроль: зачет (8 семестр)

Перечень вопросов зачета

1. Виды антропогенных воздействий.
2. Ключевые проблемы состояния водных экосистем
3. Глобальное потепление и его последствия для вод Мирового океана и вод суши.
4. Что такое системный анализ и как его применяют при формулирование математической модели моря.
5. В чем заключается смысл сокращения размерности модели, как определяются границы моделируемой системы.
6. Записать уравнение адвекции-диффузии, пояснить его члены.
7. Краевые условия для разных типов моделей распространения загрязнений.
8. Параметризация горизонтального и вертикального турбулентного обмена.
9. Параметризация процессов трансформации загрязнителей за счет физико-химических превращений
10. Перечислить процессы самоочищения водной среды от загрязнений
11. Деградация нефти в воде. Метод расчета растекания нефтяного пятна.
12. Методы расчета плавучих струй загрязнений.
13. Что такое слой сальтации, кривая Шильдса?
14. Применение метода Монте-Карло для расчета переноса примеси
15. Имитационные модели экосистем для исследования процесса эвтрофикации
16. Параметризация обменных процессов на границе раздела вода-дно.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Modelling Complex Ecological Dynamics. An Introduction into Ecological Modelling for students, Teachers & Scientists. 2011.-Springer. –397 pp.

2. *Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.* Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

3. *Кондратьев К.Я., Донченко В.К., Лосев К.С., Фролов А.К.* Экология. Экономика. Политика – СПб.: Изд-во НЦ РАН, 1996.-827 с.

4. *Никаноров А.М., Н.М. Трунов* Внутриводоемные процессы и контроль качества природных вод. – СПб.: Гидрометеиздат, 1999.- С.74-88.

4. *Озмидов Р.В.* Диффузия примеси в океане – Л.: Гидрометеиздат, 1986.– 278 с.

б) дополнительная литература:

1. *Становой В.В., Еремина Т.Р., Исаев А.В., Неелов И.А., Ванкевич Р.Е., Рябченко В.А.* Моделирование разливов нефти в ледовых условиях в Финском заливе на основе оперативно-прогностической системы // *Океанология*. 2012. Т. 52. № 6, с. 818-824.

2. *Леонтьев И.О.* Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. –М.: Изд-во ГЕОС, 2001.-272 с.

3. Невская губа – опыт моделирования. - СПб.: Изд-во НЦ РАН, 1997.-375 с.

4. *Клеванный К.А* Справочник пользователя программы CARDINAL [Текст] / К.А. Клеванный, Г.В. Матвеев– СПб., 2016. – 1174 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Сайт www.eLibrary.ru

информационная обучающая среда SAKAI <http://sakai.rshu.ru>

<http://cardinal.x-users.ru>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	написание конспекта лекции: кратко, схематично, фиксировать основные положения и выводы. отметить трудные и/или не понятные места в объяснении преподавателем. задать вопросы преподавателю на семинарском или практическом занятии.
Расчетные работы	Записать основные цели и задачи работы. Получить индивидуальное задание. Проработать теоретическую часть задания. Выполнить расчеты, построить графики и 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 зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекции, использовать презентации семинарских занятий, расчетные работы.

8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

- традиционные лекции;
- лекции с использованием презентаций;
- интерактивные групповые практические занятия;
- семинарские занятия с дискуссиями по теме доклада;
- компьютерная игра;
- моделирующая программная система "Монте-Карло"
- учебные материалы в информационной среде платформы SAKAI.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебно-методический кабинет кафедры ПО и ОПВ, оснащенный мультимедийным оборудованием и интерактивной доской.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ОЦЕНОЧНЫМ СРЕДСТВАМ

Таблица 4

№ п/п	Раздел дисциплины	Образовательные технологии	Оценочные сред- ства	Время на изуче- ние темы в часах	Формируемая компетенция
1	Антропогенное воздействие на водные экосистемы	Лекция, семинар	Вопросы и ответы	18	ОПК-1, ОПК-2 ПК-1, ПК-2
2	Общие принципы построение моделей водных систем	Практическая работа,	Контрольное расчетное	36	ОПК-1, ОПК-2

		семинар	задание, устный оп- рос		ПК-1, ПК-2,
3	Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы	Практическая работа, семинар	Контрольное расчетное задание, устный оп- рос	54	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
Итого				108	