

Министерство науки и высшего образования 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

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВОДНУЮ СРЕДУ

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):

**Океанология**

Квалификация:

**Магистр**

Форма обучения

**Очная/заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Океанология»

 А.С. Аверкиев


Утверждаю

Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением

Учебно-методического совета  
11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

16 05 2019 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Еремина Т.Р.

Автор-разработчик:

 Еремина Т.Р.

Санкт-Петербург 2019

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель дисциплины** «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду» – формирование у студентов знаний и представлений о факторах, приводящих к нарушению естественных экосистем, методах оценки и прогноза изменений природных экосистем в условиях антропогенного воздействия.

### Основные задачи:

- изучение основных видов антропогенных воздействий на различные природные экосистемы и ключевых проблем современного состояния окружающей среды,
- принципов построения математических моделей природных систем с учетом различных видов антропогенного воздействия,
  - получение знаний о способах учета различных видов антропогенных воздействий в математических моделях;
  - знакомство с различными типами математических моделей распространения загрязнений в водных объектах;
  - приобретение практических навыков расчетов распространения загрязнений в водной среде.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – «Океанология».

Дисциплина «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду» базируется на знаниях, полученных при изучении комплекса естественнонаучных дисциплин в бакалавриате, таких как «Гидрохимия», «Экология», «Физика вод суши», «Физика океана» и других.

Параллельно с дисциплиной «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду» изучаются «Дополнительные главы математики», «Специальные главы «Физики атмосферы, океана и вод суши»» и другие дисциплины.

Дисциплина «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду» является базовой для преддипломной и научно-исследовательской практики, подготовки и написания магистерской диссертации соответствующей направленности.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-5	готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований
ПК-1	понимание и творческое использование в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин
ПК-3;	умение анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность
ПК-4	готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах
ППК-1	готовность применять профессиональные знания для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности

Обучающийся должен

**знать:**

- виды антропогенных воздействий на водные экосистемы;
- основные принципы построения математических моделей природных систем в условиях антропогенных воздействий;
- способы учета различных видов антропогенных воздействий в математических моделях;

**уметь:**

- формулировать основные уравнения математической модели переноса и распространения загрязнений в водных объектах;
- осуществлять выбор математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий;
- выполнять анализ результатов моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием;

**владеть:**

- навыками расчета распространения загрязнений в природных водах от различных источников антропогенной нагрузки;
- навыками составления рекомендаций по использованию результатов моделирования распространения загрязнений.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Моделирование антропогенных воздействий на водную среду» сведены в таблице.

**Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания**

		минимальный	базовый	продвинутый
ОПК-5 готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	знать	имеет представление о правилах предоставления информации о полученных результатах научных исследований для практического использования при оценке антропогенных воздействий	знает правила предоставления информации о полученных результатах научных исследований для практического использования при оценке антропогенных воздействий	знает правила предоставления информации о полученных результатах научных исследований для практического использования при оценке антропогенных воздействий и направления ее возможного внедрения
	уметь	умеет делать выводы, на основе моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием, но испытывает затруднения при разработке практических рекомендации по использованию результатов научных исследований	умеет делать выводы, на основе моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием, и разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	умеет аргументированно делать выводы, на основе моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием, разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований и готов способствовать их внедрению
	владеть	владеет профессиональной терминологией в сфере антропогенных воздействий на водные экосистемы	владеет профессиональной терминологией в сфере антропогенных воздействий на водные экосистемы и навыками разработки практических рекомендации по использованию результатов научных исследований	владеет профессиональной терминологией в сфере антропогенных воздействий на водные экосистемы и навыками разработки и внедрения практических рекомендации по использованию результатов научных исследований
ПК-1 Понимание и творческое использование в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин	знать	знает фундаментальные и прикладные разделы специальных гидрометеорологических дисциплин и основные принципы построения математических моделей природных систем в условиях антропогенных воздействий	знает и понимает фундаментальные и прикладные разделы специальных гидрометеорологических дисциплин и основные принципы построения математических моделей природных систем в условиях антропогенных воздействий	знает и понимает фундаментальные и прикладные разделы специальных гидрометеорологических дисциплин и дисциплин из смежных областей, и основные принципы построения математических моделей природных систем в условиях

				антропогенных воздействий
	уметь	умеет применить в научной деятельности знания фундаментальных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин для формулировки основных уравнений математической модели переноса и распространения загрязнений в водных объектах	умеет применить в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин для формулировки основных уравнений математической модели переноса и распространения загрязнений в водных объектах	умеет использовать в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин для формулировки основных уравнений математической модели переноса и распространения загрязнений в водных объектах во взаимосвязи с другими областями знаний
	владеть	владеет навыками применения и творческого использования в научной деятельности знания способов учета различных видов антропогенных воздействий в математических моделях	владеет навыками применения и творческого использования в научной деятельности знания способов учета различных видов антропогенных воздействий в математических моделях	владеет комплексным подходом к использованию в научной деятельности знаний способов учета различных видов антропогенных воздействий в математических моделях
ПК-3 Умение анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность	знать	имеет представление о современных технологиях обработки и анализа результатов научно-исследовательских работ, при оперативном мониторинге антропогенных воздействий	знает современные технологии обработки и анализа результатов научно-исследовательских работ при оперативном мониторинге антропогенных воздействий	знает современные, инновационные технологии обработки и анализа результатов научно-исследовательских работ при оперативном мониторинге антропогенных воздействий
	уметь	умеет анализировать, обобщать и систематизировать с применением традиционных технологий результаты научно-исследовательских работ, осуществлять выбор математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий	умеет анализировать, обобщать и систематизировать с применением традиционных и современных технологий результаты научно-исследовательских работ, осуществлять выбор математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий	умеет анализировать, обобщать и систематизировать с применением традиционных, современных и инновационных технологий результаты научно-исследовательских работ, осуществлять выбор математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий
	владеть	владеет традиционными технологиями обработки и анализа результатов расчетов выбор	владеет традиционными и современными технологиями обработки и анализа результатов	владеет традиционными, и современными и инновационными технологиями

		математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий	расчетов выбор математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий	обработки и анализа результатов расчетов выбор математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий
ПК-4 готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах	знать	имеет представление о современных принципах построения математических моделей природных систем в условиях антропогенных воздействий	знает современные принципы построения математических моделей природных систем в условиях антропогенных воздействий	знает современные и основные принципы построения математических моделей природных систем в условиях антропогенных воздействий и понимает их преимущества
	уметь	ориентируется в современных направлениях развития науки и технологии для проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работ, выборе математической модели для решения конкретных задач для различных водных объектов в условиях антропогенных воздействий	умеет обосновать выбор современных технологий и математической модели для решения конкретных задач мониторинга антропогенных воздействий	способен освоить и использовать современные достижения науки и передовых технологий и математической модели для решения конкретных задач мониторинга антропогенных воздействий
	владеть	владеет приемами поиска информации о современных достижениях науки и передовых технологиях в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах, связанных оперативным мониторингом антропогенных воздействий	владеет приемами поиска и систематизации информации о современных достижениях науки и передовых технологиях в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах, связанных оперативным мониторингом антропогенных воздействий	владеет навыками использования отдельных передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах, связанных оперативным мониторингом антропогенных воздействий
ПК-15 способность принимать участие в стратегическом планировании и принятии решений по вопросам окружающей среды, давать экспертные консультации по различным оперативным вопросам, связанным с	знать	имеет представление о стратегическом планировании, методах разработки и принятия управленческих решений, связанных оперативным мониторингом антропогенных воздействий	знает методы стратегического планирования, разработки и принятия управленческих решений, связанных с оперативным мониторингом антропогенных воздействий	знает методы стратегического планирования, разработки и принятия управленческих решений, связанных с оперативным мониторингом антропогенных воздействий и готов применять их в практической деятельности

использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов	уметь	умеет собрать материалы для проведения экспертных консультаций по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов, выполнять анализ результатов моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием	умеет собрать и обобщить материалы для проведения экспертных консультаций по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов, выполнять анализ результатов моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием	готов давать экспертные консультации по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов, на основе анализа результатов моделирования процессов и явлений в природной среде, в том числе, обусловленных антропогенным воздействием
	владеть	владеет профессиональной терминологией и методами сбора информации для проведения экспертных консультаций по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния различных видов антропогенных воздействий	владеет профессиональной терминологией, методами сбора информации и представлениями о проведении экспертных консультаций по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния различных видов антропогенных воздействий	владеет навыками проведения экспертных консультаций по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния различных видов антропогенных воздействий
ППК-1 готовность применять профессиональные знания для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности	знать	знает современные цели и задачи оперативного гидрометеорологического обеспечения и контроля различных видов антропогенных воздействий	знает современные цели и задачи оперативного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в целом и контроля различных видов антропогенных воздействий	знает цели и задачи оперативного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности и контроля различных видов антропогенных воздействий с учетом перспектив ее развития
	уметь	умеет дать характеристику современного состояния оперативного обеспечения и контроля различных видов антропогенных воздействий	умеет выявить основные проблемы оперативного обеспечения и контроля различных видов антропогенных воздействий	умеет разрабатывать рекомендации по оптимизации структуры оперативного гидрометеорологического обеспечения и контроля различных видов антропогенных воздействий
	владеть	владеть навыками предоставления оперативной гидрометеорологической информации при обеспечения и контроле различных видов	владеть методами, средствами и навыками предоставления оперативной гидрометеорологической информации при обеспечения и контроле	владеть методами, средствами и навыками предоставления оперативной гидрометеорологической

		антропогенных воздействий	различных видов антропогенных воздействий	информации при обеспечения и контроле различных видов антропогенных воздействий
--	--	---------------------------	---	---



#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

##### Объем дисциплины по видам учебных занятий (в академических часах)

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
	1 семестр	1 курс
<b>Общий объем дисциплины (часы)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>56</b>	<b>14</b>
в том числе:		
лекции	<b>28</b>	<b>8</b>
практические занятия	<b>28</b>	<b>8</b>
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>88</b>	<b>128</b>
в том числе:		
контрольная работа		<b>20</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

##### Очное обучение

№ 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	Практ. работа	Самост. работа			
1	Виды антропогенной нагрузки	1	2	4	16	Доклады и обсуждение	2	ПК-1
2	Антропогенные воздействия на эстуарии и методы расчета рассеивания загрязнений в эстуариях.	1	8	6	24	Практическая работа.		ПК-1; ПК-3; ПК-4;
3	Антропогенные воздействия на	1	10	6	26	Доклады и обсуждение	2	ОПК-5; ПК-1; ПК-3;

	экосистемы прибрежных вод, математическое моделирование распространения загрязнений от различных источников в прибрежной зоне					Практические работы.		ПК-4; ППК-1
4	Антропогенные воздействия на водосборы рек	1	4	4	8	Доклады и обсуждение		ПК-1, ПК-4
5	Антропогенные воздействия на экосистемы крупных озер.	1	2	4	6	Доклады и обсуждение		ПК-1, ПК-4
6	Антропогенные воздействия на экосистемы малых озер.	1	2	4	8	Доклады и обсуждение Практическая работа.		ПК-1, ПК-4
	ИТОГО		28	28	88		4	144

#### Заочное обучение 2018 г.н.

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Практич. работа	Самост. работа			
1	Виды антропогенной нагрузки	1	2	2	12	Доклады и обсуждение	2	ПК-1
2	Антропогенные воздействия на эстуарии и методы расчета рассеивания загрязнений в эстуариях.	1		2	16	Практическая работа.		ПК-1; ПК-3; ПК-4;
3	Антропогенные воздействия на экосистемы прибрежных вод, математическое моделирование	1	2	2	18	Доклады и обсуждение  Контрольная работа (задание 2)	2	ОПК-5; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ППК-1

	распространения загрязнений от различных источников в прибрежной зоне							
4	Антропогенные воздействия на водосборы рек	1	2		14	Доклады и обсуждение		ПК-1, ПК-4
5	Антропогенные воздействия на экосистемы крупных озер.	1	2		14	Контрольная работа (задание 1)		ПК-1, ПК-4
6	Антропогенные воздействия на экосистемы малых озер.	1		2	14	Практическая работа.		ПК-1, ПК-4
	<b>ИТОГО</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	<b>128</b>		<b>4</b>	<b>144</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### 1. Виды антропогенной нагрузки

Ключевые проблемы современного состояния окружающей среды. Загрязнение внутренних вод, морей. Виды антропогенной нагрузки: атмосферные загрязнения, поверхностный сток, промышленные и хозяйственно-бытовые сбросы, смыв удобрений с сельскохозяйственных угодий, зарегулированность стока рек, гидротехническое строительство. Факторы, определяющие воздействие на природные системы. Последствия антропогенных воздействий на природные экосистемы.

### 2. Антропогенные воздействия на эстуарии и методы расчета рассеивания загрязнений в эстуариях

Эстуарии как уникальные природные экосистемы. Явление лавинной седиментации в эстуариях. Понятие о маргинальных фильтрах. Основные механизмы работы маргинального фильтра (коагуляция, флокуляция, биоассимиляция). Антропогенные воздействия на эстуарии. Особенности распространения загрязнений в эстуариях. Дисперсия в однонаправленных потоках со сдвигом. Количественная оценка коэффициента дисперсии в эстуариях. Влияние приливов на дисперсию загрязнений. Методы расчета загрязнений в эстуариях. Основные принципы построения и возможные упрощения математических моделей для расчета распространения загрязнений в эстуариях. Боксовые модели. Оценка и прогноз изменений качества вод в эстуарии на основе боксовых моделей.

### 3. Антропогенные воздействия на экосистемы прибрежных вод и математическое моделирование распространения загрязнений от различных источников в прибрежной зоне.

Виды антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы. Циркуляция вод как фактор переноса загрязняющих примесей в прибрежных водах. Антропогенные воздействия на экосистемы прибрежных вод. Виды антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы. Циркуляция вод как фактор переноса загрязняющих примесей в прибрежных водах. Условия формирования полей сточных вод: типы сточных вод, условия их выпуска и распространения в прибрежных водах. Математическое моделирование выпусков от точечных и распределенных источников. Моделирование процессов начального разбавления и распространения промышленных и бытовых стоков.

Факелы, струи – основные определения. Плавающие струи и факелы в нейтрально-стратифицированной среде. Плавающие струи в стратифицированной окружающей среде.

Дрейджинг и его экологические последствия для прибрежных морских акваторий. Моделирующая программная система «CARDINAL» и ее использование в задачах расчета распространения загрязнений в прибрежной зоне. Учет процесса взмучивания при моделировании переноса взвеси в прибрежных зонах. Гидравлическая крупность частиц. Уравнение Стокса.

Диффузия дискретных частиц в турбулентном потоке. Моделирование переноса пассивной примеси методом блуждающих частиц. Граничные условия. Достоинства и недостатки метода. Прогноз распространения загрязнений от точечного источника на основе моделирующей программной системы «CARDINAL». Лагранжев подход к расчету переноса примеси в прибрежных водах.

#### **4. Антропогенные воздействия на водосборы рек и методы расчета рассеивания стока в реках**

Водные ресурсы суши и их использование. Понятие о природно-технической системе (ПТС). Критерии устойчивости ПТС. Анализ процессов, обеспечивающих устойчивость экосистемы бассейна малой реки и способы их количественной оценки. Основные принципы экологического нормирования антропогенной нагрузки на водосборах малых рек. Математические модели системы водотоков. Моделирование качества воды в водотоках (на примере соединений азота, поступающих реку с бытовыми сточными водами).

#### **5. Антропогенные воздействия на экосистемы крупных пресноводных озер.**

Основные особенности озерных систем. Виды антропогенного воздействия на озера. Математические модели экосистем крупных озер в условиях антропогенных воздействий. Моделирование Великих озер – история развития. Оценка последствий антропогенных воздействий на озеро Байкал на основе математического моделирования. Модель Ладожского озера.

#### **6. Антропогенные воздействия на экосистемы малых пресноводных озер.**

Антропогенные воздействия на экосистемы малых озер. Моделирование качества воды в озерах. Модели малых озер – основные подходы. Моделирование качества воды в озерах. Модели эвтрофирования. Учет взаимодействия с дном в моделях малых озер. Моделирование отклика экосистемы малого озера на снижение фосфорной нагрузки.

### **4.3. Практические занятия, их содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика практических занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1	Глобальные изменения климата: атмосфера, океан, воды суши, криосфера.	Доклад с последующим обсуждением	ПК-1
2	1	Модель Форрестера, основные уравнения модели. Модель Мидоуза, основные уравнения модели. Латиноамериканская модель развития. Модель биосферы.	Доклад с последующим обсуждением	ПК-1
3	2	Боксовая модель взаимодействия РК-БПК <sub>5</sub> в эстуарии	Практическая (расчетная) работа	ПК-1, ПК-3, ПК-4,
4	3	Лагранжев подход к реализации уравнения переноса примесей.	Практическая (расчетная)	ОПК-5, ПК-1

			работа	
5	3	Расчет переноса примеси методом блуждающих частиц	Практическая (расчетная) работа	ПК-3, ПК-4, ППК-1
5	3	Струи и факелы загрязнений. Динамика гидротермальных потоков от тепловых источников на дне океанов ( "Черные курильщики")	Доклад с последующим обсуждением	ПК-3, ПК-4,
6	3	Расчет вертикальной скорости распространения струй загрязнений	Практическая (расчетная) работа	ПК-1, ПК-4
7.	3	Дрейджинг и его экологические последствия для морских акваторий	Доклад с последующим обсуждением	ПК-1, ПК-3, ППК-1
8	3	Учет процесса взмучивания при моделировании переноса взвеси в прибрежных зонах. Гидравлическая крупность частиц. Уравнение Стокса.	Доклад с последующим обсуждением	ПК-1, ПК-3,
9	3	Прогноз распространения загрязнений от точечного источника на основе моделирующей программной системы "CARDINAL".	Практическая (расчетная) работа	ОПК- 5, ПК-1, ПК-3, ПК-4, ППК-1
10	4	Моделирование качества воды в водотоках (на примере соединений азота, поступающих реку с бытовыми сточными водами).	Доклад с последующим обсуждением	ПК-1, ПК-4
11	5	Оценка последствий антропогенных воздействий на озеро Байкал на основе математического моделирования	Доклад с последующим обсуждением	ПК-1, ПК-4
12	6	Моделирование отклика экосистемы малого озера на снижение фосфорной нагрузки.(Игра Озеро)	Практическая (расчетная) работа	ПК-1, ПК-4

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Критерием оценки знаний студентов в течение семестра и для получения зачета является умение студента оперировать знаниями, полученными в процессе изучения курса «Математическое моделирование антропогенных воздействий окружающую среду» для решения конкретных задач по моделированию распространения примеси в водной среде.

Программой дисциплины в целях проверки качества усвоения материала студентами предусматривается проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### **5.1 Текущий контроль**

#### **а) Темы докладов**

#### **Раздел 1. Виды антропогенной нагрузки**

1. Глобальные изменения климата: атмосфера, океан, воды суши, криосфера (для всех форм обучения).
2. Модели глобального развития: (для всех форм обучения)
  - а) модель Форрестера
  - б) модель Мидоуза
  - в) модель биосферы
  - г) латиноамериканская модель
  - д) модель биосферы.

**Раздел 3. Антропогенные воздействия на экосистемы прибрежных вод, математическое моделирование распространения загрязнений от различных источников в прибрежной зоне**

3. Струи и факелы загрязнений. Динамика гидротермальных потоков от тепловых источников на дне океанов ("Черные курильщики") (для всех форм обучения).
4. Дрейджинг и его экологические последствия для морских акваторий
5. Учет процесса взмучивания при моделировании переноса взвеси в прибрежных зонах. Гидравлическая крупность частиц. Уравнение Стокса.

**Раздел 4 Антропогенные воздействия на водосборы рек**

6. Моделирование качества воды в водотоках (на примере соединений азота, поступающих реку с бытовыми сточными водами).

**Раздел 5 Антропогенные воздействия на экосистемы крупных озер**

7. Оценка последствий антропогенных воздействий на озеро Байкал на основе математического моделирования

**Раздел 6 Антропогенные воздействия на экосистемы малых озер**

8. Моделирование отклика экосистемы малого озера на снижение фосфорной нагрузки

**Критерии оценивания работы на практическом занятии**

Работа студента на практическом занятии оценивается по двухбалльной системе: зачтено, не зачтено. Для допуска к экзамену студент должен быть аттестован по всем темам практических занятий. В течение семестра обучающийся готовит 2 доклада. Шкала оценивания – двухбалльная.

<b>Критерии оценки качества работы на семинарских занятиях</b>	<b>Оценка</b>
подготовлен доклад в формате презентации по одной из тем и представлен на семинарском занятии в виде публичного выступления,	Зачтено
не подготовлен доклад в формате презентации по одной из тем, изложены математические методы и подходы к описанию природных процессов, сделаны соответствующие выводы	Не зачтено

**б) Перечень практических работ**

**Практическая работа №1. Боксовая модель взаимодействия РК-БПК<sub>5</sub> в эстуарии**

### **Вариант индивидуального задания формируется с учетом:**

1. Подбора коэффициентов деаэрации  $k_1$  и реаэрации  $k_2$  из предложенного интервала значений
2. Задания величины биохимического окисления кислорода на входной границе 1-ого бокса.

**Результаты работы:** графики пространственной изменчивости РК и БПК<sub>5</sub> в эстуарии и график пространственной изменчивости РК и БПК<sub>5</sub> с учетом самоочищающей способности эстуария.

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент получил индивидуальные значения задаваемых параметров, предоставил отчет, в котором четко сформулировал цель и задачи работы, описал ход выполнения работы, привел результаты расчетов; студент может пояснить способ получения любого результата на графике, выполнена верная интерпретация полученных результатов.

- оценка «не зачтено»: студент не получил индивидуальные значения задаваемых параметров, не предоставил письменный отчет, текст отчета не является оригинальным (является полной или более чем на 50% копией ранее сданных работ), в отчете не сформулированы цель и задачи работы, не описан ход выполнения работы, не приведены результаты расчетов; студент не может пояснить способ получения любого результата на графиках, не выполнен анализ полученных результатов.

### **Практическая работа №2. Моделирование переноса примеси в водной среде методом блуждающих частиц (метод Монте-Карло).**

#### **Вариант индивидуального задания формируется с учетом:**

1. Заданного поля скорости течения.
2. Заданных коэффициентов турбулентной диффузии.
3. Заданной глубины расположения источника маркеров.

**Результаты работы:** Графики распределения маркеров в пространстве и времени на различных глубинах в зависимости от величин коэффициентов турбулентной диффузии

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент получил индивидуальные значения задаваемых параметров, предоставил отчет, в котором четко сформулировал цель и задачи работы, описал ход выполнения работы, привел результаты расчетов; студент может пояснить способ получения любого результата на графике, выполнена верная интерпретация полученных результатов.

- оценка «не зачтено»: студент не получил индивидуальные значения задаваемых параметров, не предоставил письменный отчет, текст отчета не является оригинальным (является полной или более чем на 50% копией ранее сданных работ), в отчете не сформулированы цель и задачи работы, не описан ход выполнения работы, не приведены результаты расчетов; студент не может пояснить способ получения любого результата на графиках, не выполнен анализ полученных результатов.

### **Практическая работа № 3. Моделирование переноса примеси с использованием моделирующей программной системы “CARDINAL”**

#### **Вариант индивидуального задания формируется с учетом:**

1. Заданного района моделирования распространения загрязнений.
2. Заданных метеорологических условий.
3. Заданного расположения источника загрязнений и его мощности.
4. Заданного периода расчета.

**Результаты работы:** Поля пространственного распределения концентрации примеси от источника на поверхности за период расчета с шагом 1 сутки при различных метеорологических условиях.

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент получил индивидуальные значения задаваемых параметров, предоставил отчет, в котором четко сформулировал цель и задачи работы, описал ход выполнения работы, привел результаты расчетов; студент может пояснить способ получения любого результата на графике, выполнена верная интерпретация полученных результатов.

- оценка «не зачтено»: студент не получил индивидуальные значения задаваемых параметров, не предоставил письменный отчет, текст отчета не является оригинальным (является полной или более чем на 50% копией ранее сданных работ), в отчете не сформулированы цель и задачи работы, не описан ход выполнения работы, не приведены результаты расчетов; студент не может пояснить способ получения любого результата на графиках, не выполнен анализ полученных результатов.

#### **Практическая работа № 4. Расчет вертикальной скорости и редуцированного ускорения плавучей струи**

#### **Вариант индивидуального задания формируется с учетом:**

1. Самостоятельного нахождения на основе теории подобия зависимости вертикальной скорости и редуцированного ускорения от потока плавучести и соотношения высоты распространения струи к ее радиусу.
2. Задания источника выброса плавучей струи: размера трубы и мощности выброса от источника;
3. Задания изменения высоты подъема струи и радиуса струи

**Результаты работы:** Графики изменения вертикальной скорости и редуцированного ускорения на различном удалении от источника.

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент получил индивидуальные значения задаваемых параметров, предоставил отчет, в котором четко сформулировал цель и задачи работы, описал ход выполнения работы, привел результаты расчетов; студент может пояснить способ получения любого результата на графике, выполнена верная интерпретация полученных результатов.

- оценка «не зачтено»: студент не получил индивидуальные значения задаваемых параметров, не предоставил письменный отчет, текст отчета не является оригинальным (является полной или более чем на 50% копией ранее сданных работ), в отчете не сформулированы цель и задачи работы, не описан ход выполнения работы, не приведены результаты расчетов; студент не может пояснить способ получения любого результата на графиках, не выполнен анализ полученных результатов.



### **Практическая работа № 5.** Моделирование отклика экосистемы малого озера на снижение фосфорной нагрузки (Игра Озеро)

Работа реализована в виде компьютерной игры «Озеро». Поступление и сброс воды зарегулированы. Часть воды безвозвратно теряется в результате изъятия на хозяйственные нужды. Можно обеспечивать дополнительное аэрирование воды.

Задачи работы:

- 1) регулируя сброс воды, обеспечить очищение озера до заданных значений гидрохимических характеристик за один месяц,
- 2) сохранить благополучную ситуацию в озере еще на один месяц

**Результаты работы:** сбалансированное поступление загрязняющих веществ в озеро, обеспечивающее заданные критерии качества воды.

Шкала оценивания – двухбалльная.

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент прошел игру на оценку «удовлетворительно» и выше;
- оценка «не зачтено»: студент не прошел игру на оценку «удовлетворительно» и выше.

### **в) Контрольная работа для заочников**

Контрольная работа для студентов заочной формы обучения включает два задания. Задание №1. Дайте характеристику современному состоянию вод озера Байкал. Укажите основные антропогенные источники загрязнения озера. Проанализируйте возможности использования математического моделирования для оценки последствий антропогенных воздействий и изменений климата на озеро Байкал, опираясь на статью «Проблемы оценки изменений экосистем крупных стратифицированных водоемов под влиянием климата и антропогенных факторов» НН. Филатова и В.А. Меншуткина (Режим доступа <http://www.rshu.ru/university/notes/archive/issue48/UZ-48el-120-147.pdf>). Приведите примеры других моделей.

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент успешно все задания, продемонстрировал владение теоретическим материалом по предложенной теме;
- оценка «не зачтено»: студент не выполнил все задания или часть заданий выполнена с ошибками

Задание № 2. Расчет вертикальной скорости и редуцированного ускорения плавучей струи

#### **Вариант индивидуального задания формируется с учетом:**

1. Самостоятельного нахождения на основе теории подобия зависимости вертикальной скорости и редуцированного ускорения от потока плавучести и соотношения высоты распространения струи к ее радиусу.
2. Задания источника выброса плавучей струи: размера трубы и мощности выброса от источника;
3. Задания изменения высоты подъема струи и радиуса струи

**Результаты работы:** Графики изменения вертикальной скорости и редуцированного ускорения на различном удалении от источника.

#### **Критерии выставления оценки:**

- оценка «зачтено»: студент получил индивидуальные значения задаваемых параметров, предоставил отчет, в котором четко сформулировал цель и задачи работы, описал ход выполнения работы, привел результаты расчетов; студент может пояснить способ получения любого результата на графике, выполнена верная интерпретация полученных результатов.

- оценка «не зачтено»: студент не получил индивидуальные значения задаваемых параметров, не предоставил письменный отчет, текст отчета не является оригинальным (является полной или более чем на 50% копией ранее сданных работ), в отчете не сформулированы цель и задачи работы, не описан ход выполнения работы, не приведены результаты расчетов; студент не может пояснить способ получения любого результата на графиках, не выполнен анализ полученных результатов.

**Вся контрольная работа оценивается по двухбалльной шкале:**

Зачтено – успешно выполнены оба задания;

Не зачтено - не выполнено одно задание или выполненные задания содержат грубые ошибки.

### 5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Вид учебных занятий	Организация самостоятельной работы студента
Лекции	Проработать теоретический материал по конспектам и с использованием рекомендованной литературы. Записать вопросы, вызывающие трудности, либо непонимание и задать их преподавателю на семинарском или практическом занятии
Практические занятия (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.
Практические занятия (доклады и обсуждение)	Выбрать тему из предлагаемых преподавателем тем. 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
Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	Проработать теоретический материал по рекомендуемой литературе. Подобрать самостоятельно опубликованные источники (статьи, монографии и пр.) об озере Байкал и его математических моделях.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекции, использовать презентации практических занятий, расчетные работы, дополнительные литературные источники.

### 5.3 Промежуточная аттестация: экзамен

К промежуточной аттестации допускаются обучающиеся, успешно прошедшие все виды текущего контроля. Экзаменационный билет включает два вопроса. Время на подготовку к ответу – 45 минут.

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Ключевые проблемы современного состояния окружающей среды. Загрязнение внутренних вод, морей, почв, ландшафтов. Виды антропогенной нагрузки.
2. Глобальное потепление и его последствия для вод Мирового океана и вод суши.
3. Факторы, определяющие воздействие на природные экосистемы. Последствия антропогенных воздействий на природные экосистемы.
4. Основные принципы построения и возможные упрощения математических моделей для расчета распространения загрязнений.
5. Боксовые модели.
6. Антропогенные воздействия на экосистемы крупных пресноводных озер.
7. Антропогенные воздействия на экосистемы малых озер.
8. Методы оценки и прогноза состояния малых озер в условиях антропогенных воздействий. Модель TEMIX.
9. Антропогенные воздействия на эстуарии. Эстуарии как уникальные природные экосистемы.
10. Понятие об эстуариях как маргинальных фильтрах океанов. Основные механизмы функционирования маргинального фильтра.
11. Особенности распространения загрязнений в эстуариях. Методы расчета загрязнений в эстуариях. Способы определения коэффициента дисперсии в водотоках.
12. Антропогенные воздействия на экосистемы прибрежных вод. Виды антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы.
13. Циркуляция вод как фактор переноса загрязняющих примесей в прибрежных водах.
14. Учет взмучивания в моделях переноса и распространения примеси.
15. Плавающие струи и факелы в стратифицированной среде, основные характеристики плавучих струй и их определение с помощью теорем размерности..
16. Модели глобального развития: модель Форрестера
17. Модель Мидоуза, основные уравнения модели, перечислить недостатки модели.
18. Антропогенные воздействия на водосборы рек и методы расчета рассеивания стока в реках.

### **Шкала оценивания: четырехбалльная**

#### **Критерии оценивания**

Критерии оценки ответа	Оценка
Тема не раскрыта, ответ на один из вопросов отсутствует	неудовлетворительно
Тема раскрыта не полностью, ответы на наводящие вопросы позволяют раскрыть тему полностью	удовлетворительно
Тема экзаменационных вопросов раскрыта полностью, ответы на дополнительные вопросы не полные, имеет место нечеткость формулировок.	хорошо
Тема раскрыта полностью, ответы на дополнительные вопросы отражают понимание	отлично

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

### **а) основная литература:**

1. Кондратьев К.Я., Донченко В.К., Лосев К.С., Фролов А.К. Экология. Экономика. Политика – СПб.: Изд-во НЦ РАН, 1996.-827 с.
2. Никаноров А.М., Трунов Н.М. Внутриводоемные процессы и контроль качества природных вод. – СПб.: Гидрометеиздат, 1999.- С.74-88.
3. 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. Филатов НН., Меншуткина В.А.. Проблемы оценки изменений экосистем крупных стратифицированных водоемов под влиянием климата и антропогенных факторов» (Режим доступа <http://www.rshu.ru/university/notes/archive/issue48/UZ-48el-120-147.pdf>).
3. Разработка мезомасштабной региональной химической транспортной модели ГГО (ХТМ\_ГГО) [Электронный ресурс] / Е.Л. Генихович, И.Г. Грачева, А.Д. Зив, Ю. Д. Румянцев // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. - 2016. – Вып. 580. - С. 54-81. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25721524>
4. Корчагин Н.Н., А.Г.Гумилевский О динамике гидротермальных потоков от локальных тепловых источников ("Черных курильщиков") на дне океанов //Океанология.1995.-Т.35.- №5, 668-675.
5. Леонов А.В. Загрязнение морской среды нефтепродуктами и их деградация в экосистеме Каспийского моря: анализ результатов численного моделирования [Электронный ресурс] / А.В. Леонов, О.В. Чичерина, Л.В. Семеняк // Труды Государственного океанографического института. - 2011.- Вып. 213.- С. 407-418. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18904442>
6. Овсиенко С.Н. Математическое моделирование как элемент информационной поддержки принятия решения при выборе стратегии защиты морской среды от нефтяного загрязнения [Электронный ресурс] / С.Н. Овсиенко, С.Н.Зацева, А.А.Ивченко // Труды Государственного океанографического института.- 2011. – Вып. 213. - С. 396-406. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18904441>

### **в) программное обеспечение**

1. операционная система Windows 7
2. пакет прикладных программ Microsoft Office,
3. <http://cardinal.x-users.ru>
4. интерактивная игра "Озеро

### **г) Интернет-ресурсы**

5. информационная обучающая среда SAKAI.– Режим доступа: <http://sakai.rshu.ru>
6. Информационный ресурс ХЕЛКОМ.– Режим доступа: [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi)
7. Сайт [www.eLibrary.ru](http://www.eLibrary.ru)

### **д) профессиональные базы данных не предусмотрены**

### **е) информационные справочные системы не предусмотрены**

## **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 непонятные места в объяснении преподавателем. Задать вопросы преподавателю на семинарском или практическом занятии.
Практические занятия (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.
Практические занятия (доклады и обсуждение)	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
Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	Проработать теоретический материал по рекомендуемой литературе. Подобрать самостоятельно опубликованные источники (статьи, монографии и пр.) об озере Байкал и его математических моделях. Сдать работу на проверку в начале сессии. При возврате на доработку, работа сдается на проверку до экзамена
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекции, использовать презентации практических занятий, расчетные работы.

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

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Виды антропогенных воздействий.	Лекции и доклады на практических занятиях с использованием презентаций; Самостоятельная работа студентов в ЭБС	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office Учебные материалы в информационной среде платформы SAKAI.
Антропогенные воздействия на эстуарии и методы расчета рассеивания загрязнений в эстуариях.	Лекции и доклады на практических занятиях с использованием презентаций Самостоятельная работа студентов в ЭБС	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office информационная среда

		платформы SAKAI.
Антропогенные воздействия на экосистемы прибрежных вод, математическое моделирование распространения загрязнений от различных источников в прибрежной зоне	Лекции и доклады на практических занятиях с использованием презентаций Самостоятельная работа студентов в ЭБС	информационная среда платформ SAKAI; моделирующая программная система "CARDINAL"
Антропогенные воздействия на водосборы рек	Лекции и доклады на практических занятиях с использованием презентаций Самостоятельная работа студентов в ЭБС	информационная среда платформ SAKAI; операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Антропогенные воздействия на экосистемы крупных озер.	Лекции и доклады на практических занятиях с использованием презентаций Самостоятельная работа студентов в ЭБС	информационная среда платформ SAKAI; операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
Антропогенные воздействия на экосистемы малых озер.	Лекции и доклады на практических занятиях с использованием презентаций Самостоятельная работа студентов в ЭБС	информационная среда платформ SAKAI; компьютерная интерактивная игра "Озеро"

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

**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, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет".

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

**Помещение для самостоятельной работы студентов.** Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации

**Помещение для хранения оборудования** (ноутбук, проектор и переносной экран).

## **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.