

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа дисциплины

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**05.04.05 Прикладная гидрометеорология**

Направленность (профиль)

**Моделирование атмосферных процессов**

Уровень:

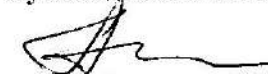
**Магистратура**

Форма обучения

**Очная**

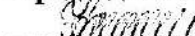
Согласовано

Руководитель ОПОП



Анискина О. Г.

Председатель УМС

 И.И. Палкин

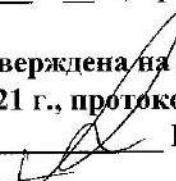
Рекомендована решением

Учебно-методического совета РГГМУ

13 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

11 мая 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Кузнецов А. Д.

Авторы-разработчики:

 Булгаков К. Ю.

Санкт-Петербург 2021

**Составил:** Булгаков К.Ю. – доцент кафедры Экспериментальной физики атмосферы  
Российского государственного гидрометеорологического университета.

©К.Ю. Булгаков, 2021.  
© РГГМУ, 2021.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Моделирование взаимодействия океана и атмосферы» является наделение обучающегося знаниями об процессах взаимодействия океана и атмосферы, способам воспроизведения этих процессов в прогностических моделях, а также профессиональному применению таких знаний.

Основные задачи дисциплины:

- получение студентами знаний о процессах взаимодействии океана и атмосферы происходящих на разных пространственных масштабов.
- понимание студентами вклада вышеуказанных процессов в формирование глобальных и региональных погоды и климата.
- изучение студентами методов и подходов к воспроизведению данных процессов в прогностических моделях.

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

Дисциплина «Моделирование взаимодействия океана и атмосферы» для направления подготовки 05.04.05 Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Моделирование атмосферных процессов» относится к части образовательной программы формируемой участниками образовательных отношений.

Данная дисциплина изучается на 2-м семестре 1-го года обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Физика атмосферы», «Дополнительные главы математики», «Численные методы, используемые в атмосферных моделях», «Динамическая метеорология»

Параллельно с дисциплиной «Прогноз стихийных бедствий» изучаются связанные с ней предметы: «Специальные главы "Физики атмосферы, океана и вод суши"», «Специальные главы статистического анализа процессов и полей».

Знания, полученные в результате изучения дисциплины «Моделирование взаимодействия океана и атмосферы», могут быть использованы при освоении дисциплин «Дистанционные методы исследования природной среды», «Моделирование природных процессов», при выполнении научно-исследовательской работы, в преддипломной практике, а также при подготовке выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

## **3. Перечень планируемых результатов обучения**

*Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: ПК-2, ПК-3*

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-2 . Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых гидрометеорологических процессов	ПК-2.1. Применяет знания о происходящих физических процессах в системе океан-атмосфера для теоретической разработки модели физического процесса.	<p>Знать: об обратных связях формирующимся в результате взаимодействия между атмосферой и океаном</p> <p>Уметь: определять тип циркуляции происходящих вследствие взаимодействия атмосферы и океана по физико-географическим характеристикам выбранного региона и данным наблюдений</p> <p>Владеть: навыками математической формулировки задач совместной циркуляции атмосферы и океана на различных временных и пространственных масштабах</p>
	ПК-2.2. Описывает физические процессы статистическими или гидродинамическими методами	<p>Знать: механизмы процессов обмена импульсом, теплом и влагой между атмосферой и океаном</p> <p>Уметь: применять математические методы для воспроизведения вышеуказанных процессов обмена.</p> <p>Владеть: навыками расчета параметров геофизической гидродинамики характеризующих взаимодействие океана и атмосферы</p>
ПК-3 Способен организовывать и осуществлять численные эксперименты, оформлять и представлять результаты моделирования	ПК-3.2 Проводит численные эксперименты, анализирует их результаты	<p>Знать: принципы объединения численных моделей циркуляции атмосферы и океана.</p> <p>Уметь: определять значимость взаимодействия атмосферы и океана для выбранного региона</p> <p>Владеть: навыками обработки и анализа результатов экспериментов совместного моделирования</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Объем дисциплины		Всего часов	
		Очная форма обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины		72 часов	
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:		28	
в том числе:			
лекции		14	
практические занятия		14	
Самостоятельная работа (СРС) – всего:		44	
в том числе:			
курсовая работа		-	
контрольная работа		-	
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)		экзамен	

##### 4.2. 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	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практич. работа	Самост. работа			
1	Процессы обмена между океаном и атмосферой	2	2	4	6	Собеседование,	ПК-2	ПК-2.1
2	Структура верхнего слоя океана. Его эволюция под атмосферным воздействием	2	2	4	8	Собеседование, расчетно-графическая работа	ПК-2	ПК-2.1
3	Методы расчета турбулентных потоков над океаном	2	2	2	6	Собеседование, расчетно-графическая работа	ПК-2	ПК-2.2
4	Модели прогноза	2	2	2	6	Собеседование,	ПК-2,	ПК-2.2

	ветровых волн. Параметризация притока энергии от ветра к волнам.					расчетно-графическая работа	ПК-3	ПК-3.1
5	Совместные модели циркуляции атмосферы, океана и морских волн. Каплеры	2	2	2	6	Собеседование, реферат	ПК-3	ПК-3.1
6	Постановка задачи о бризовой циркуляции. Муссонная циркуляция как задача о сжимаемом контуре	2	2	0	6	Собеседование,	ПК-3	ПК-3.1
7	Постановка задачи о западных пограничных течениях Анализ качественного решения.	2	2	0	6	Собеседование,	ПК-3	ПК-3.1
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>44</b>			
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена					<b>72 часа</b>			

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

#### 4.3.1 Процессы обмена между океаном и атмосферой

Процессы обмена импульсом, теплом и пресной водой на границе раздела сред. Участие ветровых волн в передаче энергии от ветра к течениям. Радиационные потоки в морской воде.

#### 4.3.2 Структура верхнего слоя океана, его эволюция под атмосферным воздействием

Определение верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) и сезонного слоя скачка, их влияние на температуру поверхности Эволюция ВКС при ветровом и термохалинном воздействии. Модель Крауса-Тернера.

#### 4.2.3 Методы расчета турбулентных потоков над океаном

Bulk формулы для расчета турбулентных потоков. Особенности применения bulk формул над водной поверхностью. Способы расчета пленочной температуры поверхности воды и уровня шероховатости океана.

#### 4.3.4 Модели прогноза ветровых волн. Параметризация притока энергии от ветра к волнам.

Уравнение эволюции волнового спектра, источники и стоки волновой энергии. Входные данные для моделей прогноза волн. Схемы притока энергии от ветра к волнам. Теория Майлза. Обратный возраст волн.

#### 4.3.5 Совместные модели циркуляции атмосферы, океана и морских волн.

Особенности постановки задачи циркуляции океана. Уравнение эволюции свободной поверхности. Бароклинные и баротропные моды скорости. Особенности турбулентного обмена в океане. Организация взаимодействия между атмосферной и океанской компонентами моделей в численных экспериментах по совместной циркуляции атмосферы и

океана. Итерационные процедуры объединения компонент.

#### **4.3.6 Постановка задачи о бризовой циркуляции. Муссонная циркуляция как задача о сжимаемом контуре.**

Условия формирования бриза, его горизонтальные и временные масштабы. Система уравнения для описания двумерной бризовой циркуляции, её преобразования для применения якобиана Аракавы. Условия формирования муссонов, его горизонтальные и временные масштабы. Качественное описание муссонов как задачи о циркуляции в сжимаемом контуре.

#### **4.3.7 Постановка задачи о западных пограничных течениях**

Западные пограничные течения их роль в глобальном климате. Понятие бета плоскости. Постановка задачи о западных пограничных течениях, решение и анализ.

### **4.4. Содержание занятий семинарского типа**

Содержание практических занятий для очной формы обучения

<b>№ п / п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1	Получение, обработка и анализ метеорологических и океанологических данных из архивов ретроспективного прогноза погоды	Практическая работа	ПК-2, ПК-3
	2	Эволюция толщины ВКС под атмосферным воздействием	Практическая работа	ПК-2
	3	Расчеты турбулентных потоков над поверхностью океана по данным наблюдений.	Практическая работа	ПК-2
	4	Определение формы волнового спектра для разных возрастов волны	Практическая работа	ПК-2
	5	Описание выбранной модели общей циркуляции атмосферы и океана. Особенности. Проекты в которых модель принимала участие.	реферат	ПК-3

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

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

### **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 - 60

- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30

### 6.1. Текущий контроль

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

### 6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**

Форма проведения **зачет**: устно по билетам,

**Перечень вопросов для подготовки к зачет**

#### ПК-2

1. Цепочка перехода механической энергии ветер-ветровые волны-морские течениям
2. Особенности расчета турбулентных потоков над океаном.
3. Формирование «пленочной» поверхности, методы её расчета.
4. Зависимость параметра шероховатости над океаном от скорости ветра
5. Эволюция верхнего слоя океана под динамическим воздействием.
6. Эволюция верхнего слоя океана под термохалинным воздействием

#### ПК-3

5. Уравнение эволюции плотности волновой энергии.
6. Приток энергии от ветра к волнам,.
7. Особенности постановки задачи циркуляции океана
8. Обмен полями при объединение моделей атмосферной и океанской циркуляции
9. Постановка двумерной задачи о бризовой циркуляции
10. Муссоны как задача о циркуляции по сжимаемому контуру
11. Постановка и анализ задачи о западных пограничных течениях

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	10
Расчетно-графическая работа «Эволюция толщины ВКС под атмосферным воздействием»	15
Расчетно-графическая работа «Расчеты турбулентных потоков над поверхностью океана по данным наблюдений»	15
Расчетно-графическая работа «Определение формы волнового спектра для разных возрастов волны»	15
Реферат «Описание выбранной модели общей циркуляции атмосферы и океана. Особенности. Проекты, в которых модель принимала участие»	15
Промежуточная аттестация	30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме зачет

Критерий	Баллы
Описание критериев	0 не отвечает на вопрос
	15 отвечает на вопрос, знает физическую природу процессов, затрудняется в математическом описание процессов
	30 отвечает на вопрос, знает физическую природу процессов, приводит математическое описание процессов



Итого	30
-------	----

## 7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

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

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Динамическая метеорология. Под ред. Лайхтмана Д.Л.–Л.: Гидрометеиздат, 1976. –608с.
2. Динамика океана. Под ред Доронина Ю.П. Л.: Гидрометеиздат, 1980. –304с.
3. Взаимодействие океана и атмосферы. Доронина Ю.П. Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 288с.
3. Булгаков К.Ю., Федосеева Н.В., Смирнова А. И., Лопуха В.О., Кузнецов А.Д. Обработка и анализ цифровых архивов метеорологических данных удаленного доступа. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2021. – 68 с.

#### Дополнительная литература

1. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.
2. ...Радикевич В.М. Динамическая метеорология для океанологов. Учебное пособие. – Л.: изд. ЛПИ, 1985. – 157с.
3. Задачник по динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 166с.
4. 9. Репинская Р.П., Анискина О.Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – Учебное пособие. РГГМУ. 2002. 173 с.
5. МА.Толстых, Р.А.Ибраев, Е.М.Володин, К.В.Ушаков, В.В.Калмыков,А.В.Шляева, В.Г.Мизяк,Р.Н.Хабеев "Модели глобальной атмосферы и Мирового океана: алгоритмы и суперкомпьютерные технологии" М.: изд-во МГУ, 2013, 144стр.

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

1. <http://ecmwf.int> сайт европейского центра среднесрочных прогнозов погоды
2. <https://www.ncdc.noaa.gov> сайт уациональное управление океанических и атмосферных исследований (США)
3. <https://www.wcrp-climate.org> сайт международной программы изучения изменения климата

### 8.3. Перечень программного обеспечения (

1. ...GrADS — свободно распространяемое программное обеспечение

### 8.4. Перечень информационных справочных систем (

1. <http://elib.rshu.ru> Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн.
2. <http://znanium.com> Электронно-библиотечная система Знаниум.

3. ...

## 8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система eLibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.
- 6.

## 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.