

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»  
(ФГБУН ФИЦ МГИ)

УТВЕРЖДАЮ  
директор ФГБУН ФИЦ МГИ  
С. К. Коновалов  
«20» октября 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА**

Специальность  
**1.6.17. Океанология**

Форма обучения  
**Очная**

г. Севастополь 2024

Рабочая программа дисциплины «Взаимодействие атмосферы и океана» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Разработчик рабочей программы дисциплины:

Шокуров Михаил Викторович, доктор физико-математических наук, профессор отдела аспирантуры ФГБУН ФИЦ МГИ.

(Ф.И.О., ученая степень, звание, должность разработчиков).



(Подпись)

Зам. директора по научно-методической и образовательной работе



Васечкина Е.Ф.

(Подпись)

## 1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью программы является изучение основных процессов взаимодействия атмосферы и океана и применение этих знаний для исследования процессов и явлений в океане и атмосфере.

## 2. ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных явлений взаимодействия атмосферы и океана (теоретический компонент);
- применение различных параметризаций турбулентных процессов в пограничных слоях атмосферы и океана в численных моделях циркуляции атмосферы и океана (познавательный компонент);
- обучение основам расчета радиационных потоков, а также турбулентных потоков импульса, тепла и влаги по экспериментальным данным для разных акваторий Мирового океана (практический компонент).

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

3.1. Дисциплина «Взаимодействие атмосферы и океана» относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по специальности 1.6.17. Океанология.

3.2 Данная программа предназначена для изучения современных методов исследования и освоения способов их применения для исследования океанических процессов. Она предназначена для аспирантов МГИ, прошедших обучение по программе подготовки магистров, прослушавших соответствующие курсы и имея по ним положительные оценки.

Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- линейная алгебра;
- математический анализ;
- обыкновенные дифференциальные уравнения;
- общая физика;
- методы и средства океанологических наблюдений;
- основы программирования.

3.3 Дисциплина «Взаимодействие атмосферы и океана» необходима при подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины «Взаимодействие атмосферы и океана» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП ВО по направлению подготовки Науки о Земле:

- универсальных компетенций (способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1));
- общепрофессиональных компетенций: (способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1));
- профессиональных компетенций, (ПК-1): умение использовать современные методы исследования океанологических процессов и явлений с целью анализа и прогноза состояния морской среды и получения приоритетных научных результатов; ПК-2: способность выполнять информационный поиск, обработку и критический анализ разнородной информации по объектам исследований в океанологии, используя современные информационные технологии).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

**Знать:**

- основные процессы и механизмы взаимодействия атмосферы и океана;
- современные методы исследования в области взаимодействия атмосферы и океана;
- основы теории климата и современное состояние климатических исследований;
- методы численного моделирования атмосферы и океана и методы параметризации турбулентных процессов.

**Уметь:**

- анализировать различные варианты решения задач взаимодействия атмосферы и океана;
- применять полученные знания о взаимодействии атмосферы и океана для решения фундаментальных и прикладных задач океанологии;
- представлять результаты научных исследований взаимодействия атмосферы и океана;
- использовать современные численные модели для анализа и прогноза состояния атмосферного пограничного слоя.

**Владеть:**

- навыками постановки и планирования решения задач взаимодействия атмосферы и океана;
- навыками критического анализа информации в области взаимодействия атмосферы и океана;
- методами анализа экспериментальных данных и результатов моделирования взаимодействия атмосферы и океана;
- навыками анализа численного моделирования для получения научных результатов.

## 5. ОБЪЕМ И ВИД УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 180 академических часов.

Таблица 1. Распределение трудоемкости по всем видам аудиторной и самостоятельной работы аспиранта

Виды учебной работы	Трудоемкость	
	Часы	ЗЕ
Аудиторные занятия (всего), в том числе:	40	1,11
<i>Лекции</i>	<i>24</i>	<i>0,67</i>
<i>Практические занятия</i>	<i>16</i>	<i>0,44</i>
Самостоятельная работа (всего)	64	1,78
Формы аттестации по дисциплине <b>зачет с оценкой</b>	4	0,11
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>3</b>

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1.** Определение климатической системы.

Временные и пространственные масштабы изменчивости и ее механизмы. Методы экспериментальных исследований

**Тема 2.** Потoki массы, импульса и тепла в системе океан-атмосфера.

Определение турбулентных потоков, их характерные величины, пространственное географическое распределение и сезонная изменчивость.

**Тема 3.** Радиационные потоки в атмосфере.

Перенос, рассеяние и поглощения коротковолнового и инфракрасного излучения в атмосфере. Радиационный баланс на поверхности океана

**Тема 4.** Приповерхностный атмосферный пограничный слой над морем.

Вертикальные профили скорости над гладкой и шероховатой подстилающей поверхностью.

Вязкий подслои и логарифмический пограничный слой. Гидродинамические свойства морской поверхности. Вертикальные профили температуры и влажности над поверхностью моря. Коэффициенты сопротивления, теплообмена и испарения для морской поверхности.

**Тема 5.** Теория подобия Монина-Обухова.

Устойчивая, нейтральная и устойчивая стратификация. Вертикальные профили скорости ветра, температуры, влажности. Безразмерные профили градиентов скорости и температуры. Методы расчета турбулентных потоков импульса, тепла и влаги.

**Тема 6.** Микровзаимодействие атмосферы с поверхностью океана.

Взаимодействие ветра и волн. Зависимость потоков импульса, тепла и влаги на поверхности океана от ветрового волнения. Особенности мелкомасштабного взаимодействия океана и атмосферы при шторме.

**Тема 7.** Атмосферный планетарный пограничный слой.

Турбулентность в ППС. Проблема турбулентного замыкания. Замыкания первого и второго порядка. Законы сопротивления, теплообмена и влагообмена. Различные режимы ППС. Вертикальные профили температуры, влажности и скорости ветра. Вертикальные профили коэффициента турбулентной вязкости, потоков тепла, импульса и влаги, турбулентной кинетической энергии.

**Тема 8.** Численное моделирование и методы параметризации атмосферного планетарного пограничного слоя.

Параметризации турбулентности в планетарном пограничном слое, используемые в атмосферных численных моделях. Детальное описание планетарного пограничного слоя – атмосферные LES-модели.

**Тема 9.** Верхний квазиоднородный слой в океане.

Сезонный цикл ВКС. Пространственное распределение глубины ВКС. Гипотезы о величине и профиле турбулентной вязкости.

**Тема 10.** Численное моделирование и методы параметризации верхнего квазиоднородного слоя в океане.

Интегральные одномерные модели. Полуэмпирические модели расчета турбулентной вязкости. Модели с параметризацией коэффициента турбулентной вязкости.

**Тема 11.** Глобальное взаимодействие атмосферы и океана. Классификация климатических моделей.

Классификация климатических моделей. Теория подобия глобального взаимодействия атмосферы и океана. Нульмерные, одномерные и двумерные (зональные) теоретические модели климатической системы

**Тема 12.** Глобальные климатические численные модели.

Совместные численные модели циркуляции атмосферы и океана. Основные компоненты. История, современное состояние.

**Тема 13.** Реакция системы океан-атмосфера на внешние воздействия. Обратные связи в системе океан-атмосфера.

Радиационный баланс, роль конвекции, вертикальный профиль температуры, парниковый эффект. Обратные связи в климатической системе. Реакция системы океан-атмосфера на внешние воздействия: распределение океана и суши, концентрация атмосферного углекислого газа, альбедо поверхности суши, изменение влагосодержания почвы, изменение растительного покрова.

**Тема 14.** Явление Эль-Ниньо.

Основные механизмы крупномасштабного взаимодействия атмосферы и океана. Динамические компоненты явления Эль-Ниньо – экваториальный термоклин, ячейка Уолкера. Обратные связи в системе Эль-Ниньо. Роль экваториальных захваченных волн Россби и Пуанкаре. Влияние Эль-Ниньо на климат разных регионов.

**Тема 15.** Северо-Атлантическое колебание.

Определение индекса Северо-Атлантического колебания. Пространственные моды, временные масштабы. Связь САК с траекториями циклонов в Атлантическом океане. Влияние САК на климат в Европейском регионе.

## 7. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 2. Темы курса, их содержание и объем в часах.

Наименование разделов и тем	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)			
		Лекции	Семинары	Самостоятельная работа	Зачет
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Определение климатической системы	6	2		4	
Тема 2. Потоки массы, импульса и тепла в системе океан-атмосфера	7	2	2	3	
Тема 3. Радиационные потоки в атмосфере	8	2	1	5	
Тема 4 Приповерхностный атмосферный пограничный слой над морем	7	2	1	4	
Тема 5. Теория подобия Монина-Обухова	6	2		4	
Тема 6. Микровзаимодействие атмосферы с поверхностью океана	8	2	2	4	
Тема 7. Атмосферный планетарный пограничный слой	6	2		4	
Тема 8. Численное моделирование и методы параметризации атмосферного планетарного пограничного слоя	8	2	2	4	
Тема 9. Верхний квазиоднородный слой в океане	6	2		4	
Тема 10. Численное моделирование и методы параметризации верхнего квазиоднородного слоя в океане	7	1	2	4	
Тема 11. Глобальное взаимодействие атмосферы и океана. Классификация климатических моделей	6	1		5	
Тема 12. Глобальные климатические численные модели	8	1	2	5	
Тема 13. Реакция системы океан-атмосфера на внешние воздействия. Обратные связи в системе океан-атмосфера	6	1	1	4	
Тема 14. Явление Эль-Ниньо	7	1	1	5	
Тема 15. Северо-Атлантическое колебание	8	1	2	5	
Зачет					4
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>4</b>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Технология процесса обучения по дисциплине «Взаимодействие атмосферы и океана» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- практические занятия;
- самостоятельная работа студентов;
- «круглые столы» по обсуждению современных достижений в данной дисциплине;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе.

8.2. Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

8.3. Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Взаимодействие атмосферы и океана» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

## 9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Текущий контроль.

Цель контроля – получение информации о результатах обучения (приобретенных компетенциях) и степени их соответствия результатам обучения. Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован в форме устного опроса, а также контрольных работ по решению задач на усвоение материала.

Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта. В результате работы учащийся должен сделать устный доклад по заранее выбранной теме.

### 9.2. Список вопросов для проведения текущего контроля и устного опроса обучающихся:

- основные механизмы взаимодействия атмосферы и океана;
- определение потоков импульса, тепла и влаги;
- перенос, рассеяние и поглощение коротковолнового излучения в атмосфере;
- перенос, рассеяние и поглощение инфракрасного излучения в атмосфере;
- логарифмический пограничный слой над шероховатой поверхностью;
- вертикальные профили температуры и влажности;
- коэффициенты сопротивления, теплообмена и испарения;
- основные положения теории подобия Монина-Обухова;
- определение характерного масштаба – длины Монина-Обухова;
- проблема турбулентного замыкания;
- определение различных режимов атмосферного планетарного пограничного слоя;
- основные свойства конвективного пограничного слоя;
- основные свойства устойчивого пограничного слоя;
- сезонный цикл верхнего квазиоднородного слоя в океане;
- интегральная модель верхнего квазиоднородного слоя в океане;
- парниковый эффект;
- обратные связи в системе океан-атмосфера;
- определение и основные свойства явления Эль-Ниньо;
- определение и основные свойства Северо-Атлантического колебания.

### 9.3. Промежуточная аттестация.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение

дисциплины «Взаимодействие атмосферы и океана». Форма аттестации – зачет по дисциплине и кандидатский экзамен по специальности 25.00.28 «Океанология» в письменной или устной форме.

Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на зачете осуществляется с использованием нормативных оценок «зачет» («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») / «не зачет».

Таблица 3. Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации по дисциплине «Взаимодействие атмосферы и океана»

Оценка		Требования к знаниям и критерии выставления оценок
для зачета	для зачета с оценкой	
Зачтено	<i>отлично</i>	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, знает особенности развития атмосферного пограничного слоя и верхнего квазиоднородного слоя в океане, имеет представление об особенностях климатической системы Земли, о специфике численных моделей пограничного слоя и климатической системы. Информирован и способен делать анализ проблем взаимодействия атмосферы и океана и намечать пути их решения.
	<i>хорошо</i>	Аспирант знает основное содержание учебной дисциплины, имеет достаточное представление об атмосферном пограничном слое и верхнем квазиоднородном слое в океане. Владеет знаниями о специфике численных моделей пограничного слоя и климатической системы.
	<i>удовлетворительно</i>	Аспирант в целом представляет содержание учебного курса, демонстрирует правильное представление об атмосферном пограничном слое и верхнем квазиоднородном слое в океане, знает основные термины и понятия о климатической системе Земли.
Не зачтено	<i>неудовлетворительно</i>	Аспирант при ответе демонстрирует слабое знание значительной части основного материала в области атмосферного пограничного слоя и верхнего квазиоднородного слоя в океане, климата Земли. Не информирован или слабо разбирается в проблемах взаимодействия атмосферы и океана, или не в состоянии наметить пути их решения.

#### 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4. Основная и дополнительная литература.

№	Наименование и полное библиографическое описание	Количество экземпляров в библиотеке
<b>Основная литература</b>		
1	Океанология, Физика океана. т.1. Гидрофизика океана. Глава 5. Под ред. Каменковича В.М., Моница А.С. М.: Наука, 1978. – с.208 -340.	2 экз.



2	Гилл А. Динамика атмосферы и океана. М.: Мир. 1986. т.1-2	5 экз. + эл.кн.
3	Краус Е. Взаимодействие атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат, 1976. –296 с.	4 экз.
4	Китайгородский С.А. Физика взаимодействия атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат, 1970. –284 с.	3 экз.
5	Каган Б.А. Взаимодействие океана и атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. –336 с.	Эл.кн.
6	Монин А.С. Введение в теорию климата. Л.: Гидрометиздат, 1982. –248с.	4 экз.
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Филиппс О.М. Динамика верхнего слоя океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. –320 с.	5 экз.
2	Монин А.С., Красицкий В.П. Явления на поверхности океана. Л.: Гидрометеиздат, 1985. –376 с.	4 экз.
3	Пирри А., Уокер Дж. Система океан-атмосфера. -Л.: Гидрометеиздат, 1979. –196с.	Эл.кн.
4	Гарвей Дж. Атмосфера и океан. М.: Прогресс, 1982. –184с.	2 экз.

#### 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- лекционная аудитория с доской и проектором;
- компьютерный класс с доступом в Интернет