

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» 2024 г.



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

Специальность  
**1.6.17. Океанология**

Форма обучения  
**Очная**

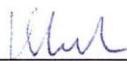
г. Севастополь 2024

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



(Подпись)

Васечкина Е.Ф.

## 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
Лекции	24	0,67
Практические занятия	16	0,44
Самостоятельная работа (всего)	64	1,78
Формы аттестации по дисциплине зачет с оценкой	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.** Потоки 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 подслой 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. Безразмерный 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 по-граничный 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 соответствие 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 осуществляется 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	отлично	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.
	хорошо	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.
	удовлетворительно	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	неудовлетворительно	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., Монина 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.: Гидрометеоиздат, 1976. –296 с.	4 экз.
4	Китайгородский С.А. Физика взаимодействия атмосферы и океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. –284 с.	3 экз.
5	Каган Б.А. Взаимодействие океана и атмосферы. СПб.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 1980. –320 с.	5 экз.
2	Монин А.С., Красицкий В.П. Явления на поверхности океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. –376 с.	4 экз.
3	Пирри А., Уокер Дж. Система океан-атмосфера. -Л.: Гидрометеоиздат, 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