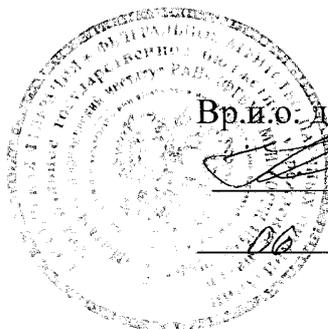


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
«МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН»  
(ФГБУН МГИ)**



УТВЕРЖДАЮ

Вр.и.о. директора ФГБУН МГИ

  
С.К. Коновалов

*06 августа* 2015 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ТУРБУЛЕНТНЫЙ ОБМЕН В ОКЕАНЕ**

Направление подготовки кадров высшей квалификации  
**05.06.01 Науки о Земле**

Профиль подготовки  
**25.00.28. Океанология**

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
**очная, заочная**

Севастополь

Разработана в отделе аспирантуры ФГБУН МГИ в соответствии со следующими нормативными документами:

– Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 19.11.2013 г. № 1259.

– Федеральный государственный образовательный стандарт высшего (профессионального) образования, утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 870.

– Приказ Минобрнауки России от 30.04.2015 № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»

– Порядок разработки и утверждения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГБУН МГИ.

Разработчик рабочей программы: Чухарев Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор отдела аспирантуры ФГБУН МГИ.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование цельного представления о роли и механизмах турбулентного перемешивания в океане.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение физических механизмов и процессов, определяющих турбулентный режим;
- изучение основных физико-математических принципов и подходов для описания турбулентности;
- изучение моделей турбулентности, условий их применимости;
- формирование умений и навыков применения законов и моделей турбулентности при решении научно-исследовательских и практических задач в океанологии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

2.1. Данная дисциплина относится к циклу естественно-математических.

Входит в вариативную часть ООП.

2.2. Данная дисциплина находится в тесной взаимосвязи с общей океанологией, волновыми движениями в океане, термодинамикой океана, общей циркуляцией океана, взаимодействием атмосферы и океана, акустикой.

Для усвоения данной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- основные сведения о строении океана, типах движений, о роли турбулентности в формировании океанологических полей;
- основы теории турбулентности;
- базовые физические законы в объеме курса общей физики для естественных специальностей ВУЗов и основы гидродинамики;
- основные математические дисциплины для естественных специальностей ВУЗов;

- основы программирования и составления алгоритмов.

**Уметь:**

- использовать необходимые для усвоения дисциплины базовые знания в учебном процессе;
- составлять алгоритм решения поставленной задачи;
- производить математические расчеты и делать обоснованные физические выводы по их результатам.

**Владеть:**

- навыками системного усвоения получаемой информации, работы с литературными источниками;
- основными методами формулирования задач, их решения и анализа;
- навыками работы на ПК.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 3.1. Данная дисциплина формирует частично следующие ОК и ПК:

- повышает общеобразовательный уровень;
- пополняет систематические представления о современном состоянии науки в области океанологии;
- дает новые знания о теоретических и экспериментальных методах исследования океанических процессов;
- развивает умения ставить задачи, находить алгоритмы решения и формулировать физически обоснованные выводы.

#### 3.2. Аспирант по дисциплине «Турбулентность и турбулентный обмен в океане» должен **знать:**

- о роли турбулентности в перемешивании вод океана;

- о влиянии турбулентности на обмен импульсом, энергией и веществом в различных слоях океана и при взаимодействии океана и атмосферы;
- основные физические законы и процессы, определяющие характер турбулентности;
- основные принципы и подходы математического описания турбулентности;
- базовые и современные модели для описания турбулентных течений, условия их применимости и ограничения;
- новые и перспективные направления в исследовании турбулентности.

**уметь:**

- применять полученные знания для постановки и решения научно-исследовательских и практических задач океанологии;
- использовать адекватные методы и соответствующий математический аппарат для описания турбулентного обмена;
- проводить анализ результатов и формулировать объективные физические выводы.

**владеть:**

- методами выявления доминирующих физических механизмов, определяющих турбулентный режим в исследуемой области океана;
- методами анализа явлений турбулентности в океане, постановки задач и определения граничных условий;
- математическими методами решения сформулированных задач;
- навыками компьютерных вычислений и программирования при решении задач турбулентного обмена в океане.

Таблица 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и уровень формируемой компетенции по ООП ВО	Владения	Умения	Знания
(ПК-1)-1			цельные представления о роли турбулентности в океанологических процессах
(ПК-2)-1	методами анализа океанологических процессов, выделения основных механизмов формирования океанологических полей;	определять влияние турбулентности на исследуемые океанологические процессы;	физико-математические принципы описания турбулентности
(ПК-2)-2	методами выявления доминирующих физических механизмов, определяющих турбулентный режим в исследуемой области океана.	использовать адекватные физико-математические подходы и методы для описания турбулентного обмена.	механизмы влияния турбулентности на обмен импульсом, энергией и веществом в различных слоях океана и при взаимодействии океана и атмосферы
(ПК-3)-1	математическими методами решения сформулированных задач;	проводить анализ результатов и формулировать объективные физические выводы.	Базовые и современные модели для описания турбулентных течений, условия их применимости и ограничения
(ПК-4)-1	навыками компьютерных вычислений и программирования при решении задач турбулентного обмена в океане.	уметь пользоваться пакетами прикладных программ	знать современные пакеты прикладных программ, применяемых при решении задач турбулентного обмена в океане

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Таблица 2. Лекции, их содержание и объем в часах

Наименование разделов и тем	Трудоёмкость (в ЗЕТ)	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)				
			лекции	семинары	самостоятельная работа	Консультации	Промежуточная аттестация
1	1	2	3	4	5	6	6
<b>Раздел 1. Основы теории турбулентности</b>	<b>0,6</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	
Тема 1. Молекулярное и турбулентное перемешивание. Определение турбулентности. Закон подобия и число Рейнольдса. Ламинарность и переход к турбулентности. Критическое число Рейнольдса.			2		2		
Тема 2. Средние и пульсационные компоненты гидродинамических величин. Методы осреднения. Эргодичность. Турбулентные напряжения.			2		2		
Тема 3. Моменты гидродинамических полей. Случайные поля. Эргодическая теорема.			2		2		
Изучение дополнительной литературы. Рефераты. Обобщающий семинар по разделу.				2	4	2	
<b>Раздел 2. Методы расчета турбулентных течений</b>	<b>1,2</b>	<b>42</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	
Тема 4. Уравнения Рейнольдса. Проблемы замыкания. Течение около стенки и логарифмический пограничный слой.			2		2		
Тема 5. Полуэмпирические теории турбулентности. Турбулентные модели первого приближения (градиентные).			2		4		
Тема 6. Уравнение баланса турбулентной энергии. Коэффициенты турбулентной вязкости и теплопроводности. Скорость диссипации турбулентной энергии. Модели второго приближения (дифференциальные).			2		6		
Тема 7. Локально-изотропная турбулентность. Гипотезы подобия Колмогорова. Теория спектра турбулентности. Инерционный интервал. Передача энергии по спектру. «Закон пяти третей» Монина-Обухова. Турбулентная диффузия.			4		6		

Тема 8. Современные направления развития моделей турбулентности. Численное моделирование.			2		4		
Самостоятельное изучение рекомендованной литературы. Рефераты. Обобщающий семинар по разделу.				2	4	2	
<b>Раздел 3. Океанская турбулентность</b>	<b>1,2</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	
Тема 9. Типы и масштабы океанских движений. Механизмы генерации турбулентности в океане. Турбулентность в стратифицированных слоях. Критерий Ричардсона. Двойная диффузия.			4		6		
Тема 10. Мелкомасштабная турбулентность. Методы определения коэффициентов турбулентного обмена и скорости диссипации.			2		4		
Тема 11. Крупномасштабная горизонтальная турбулентность. Турбулентность в приповерхностном и придонном слоях.			4		6		
Тема 12. Аппаратура и экспериментальные исследования турбулентности в океане. Задачи по исследованию турбулентного обмена в океане на современном этапе.			4		4		
Самостоятельное изучение рекомендованной литературы и научных статей. Рефераты. Обобщающий семинар по разделу.				4	4	2	
<b>ИТОГО</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

Таблица 3. Распределение трудоемкости в часах по всем видам аудиторной и самостоятельной работы аспиранта по семестрам:

Вид работы	Трудоемкость, часов		
	X семестр	X семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>46</b>
<i>Лекции (Л)</i>	16	16	32
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	4	4	8
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>			
<i>Консультации</i>	2	4	6
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>62</b>
Самостоятельное изучение разделов	16	16	32
Реферат (Р)	2	4	6
Эссе (Э)			
Контрольная работа (К) <sup>1</sup>			
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	12	12	24
Промежуточная аттестация - <b>зачет</b>		<b>2</b>	<b>2</b>

<sup>1</sup> Только для заочной формы обучения

4.4. Таблица 4. Содержание семинарских занятий по дисциплине «Турбулентность и турбулентный обмен в океане»:

№ занятия	№ темы	Краткое содержание занятия	Кол-во часов
1	1	Основы теории турбулентности	2
2	2	Методы расчета турбулентных течений	2
3	3	Океанская турбулентность в стратифицированных слоях	2
4	3	Турбулентность в пограничных слоях океана. Турбулентная диффузия.	2
<b>Всего</b>			<b>8</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основными методами (технологиями) обучения дисциплины являются проблемное обучение, коммуникативные технологии и индивидуальные задания, выполняемые при решении задач на предложенную тему. Индивидуальные задания, выполняемые аспирантами самостоятельно, являются одним из методов активизации процесса обучения по дисциплине.

Работа в аудитории предусматривает:

- лекции;
- консультации, в том числе консультации для групп и индивидуальные консультации.
- интерактивные семинары для проверки усвоения каждого раздела.

Основной формой овладения аспирантами учебного материала является их самостоятельная работа в свободное от обязательных учебных занятий время (во внеаудиторное время) под руководством преподавателя.

Таблица 4. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах:

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
1, 2	Л	Демонстрация основных тезисов лекционного материала на экране, соответствующее иллюстрирование информации..	30
	СР	Наглядное знакомство с измерительной аппаратурой и методами получения данных, их обработки	30
Итого:			60

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

### 6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Текущая аттестация проводится в виде тестов, опросов и решения задач на семинарах, участия в дискуссиях и обсуждениях проблемных вопросов, защита рефератов.

### 6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины «Турбулентность и турбулентный обмен в океане». Форма аттестации – зачет в устной или письменной форме. Знания, полученные при изучении дисциплины, также будут использоваться при подготовке к кандидатскому экзамену.

### 6.3. Список вопросов для промежуточной аттестации.

– ламинарное и турбулентное течение, числа Рейнольдса.

- уравнения Рейнольдса, логарифмический пограничный слой.
- полуэмпирические теории турбулентности. Модели Прандтля и Кармана.
- уравнение баланса турбулентной энергии. Дифференциальные модели турбулентности.
- локально-изотропная турбулентность. Гипотезы подобия Колмогорова. Спектральные модели турбулентности.
- типы и масштабы океанских движений. Механизмы генерации турбулентности в океане.
- турбулентность в стратифицированных слоях. Число Ричардсона. Двойная диффузия.
- методы определения коэффициентов турбулентного обмена и скорости диссипации.
- крупномасштабная горизонтальная турбулентность. Турбулентная диффузия.
- особенности турбулентности в приповерхностном и придонном слоях океана.
- аппаратура и методы, применяемые для экспериментальных исследований турбулентности в океане.
- направления современных исследований турбулентного обмена в океане.

Таблица 5. Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета по дисциплине «Турбулентность и турбулентный обмен в океане»:

Оценка зачета	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>зачет</i>	Аспирант при ответе демонстрирует знание содержания тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, знает условия возникновения турбулентности и методы ее описания, имеет представление об особенностях турбулентных течений, о специфике океанской турбулентности. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения применительно к океанологическим задачам с учетом гидрометеорологической ситуации и режима турбулентного обмена.
<i>не зачет</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области океанской турбулентности. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и/или не в состоянии наметить пути их решения. Не владеет терминологией и не знает базовых результатов теории турбулентности.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 5. Основная и дополнительная литература

	Наименование и полное библиографическое описание	Количество экземпляров в библиотеке
<b>Основная литература</b>		
1	Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Л.: Гидрометеиздат, 1981.- 321 с.	4 экз.
2	Монин А.С. Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Ч 1. М.: Наука, 1965. - 639 с.	4 экз. + эл.кн.
3	Озмидов Р.В. Горизонтальная турбулентность и турбулентный обмен в океане. М.: Наука, 1968. – 320 с.	4 экз.
4	Тэрнер Дж. Эффекты плавучести в жидкостях. М.: Мир, 1977. – 431 с.	1 экз.
5	Мамаев О.И. Физическая океанография. Избранные труды. М.: ВНИРО, 2000. – 364 с.	2 экз.

<b>Дополнительная литература</b>		
1	Физика океана. Т. 1. Гидрофизика океана. / Отв. ред. В.М. Каменкович, А.С. Монин. – М.: Наука, 1978. – 455 с.	2 экз. + эл.кн.
2	Филлипс.О.М. Динамика верхнего слоя океана. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 319 с.	5 экз.
3	Озмидов Р.В. Диффузия примесей в океане. –Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 277 с.	1 экз.
4	Китайгородский С.А. Физика взаимодействия атмосферы и океана. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 284 с.	3 экз.
5	Монин А.С., Красицкий В.П. Явления на поверхности океана. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 375 с.	4 экз.
6	Методы расчета турбулентных течений: Пер с англ. / Под ред. В. Колльмана. – М.: Мир, 1984. – 464 с.	1 экз.
<b>Периодические издания</b>		
1	Морской гидрофизический журнал.	5 экз.
2	Океанология.	2 экз.
3	Известия РАН. Физика атмосферы и океана.	2 экз.
4	Метеорология и гидрология.	2 экз.
5	Journal of Physical Oceanography.	1 экз. + эл.кн.
6	Journal of Geophysical Research.	1 экз.
7	Deep-Sea Research.	1 экз.

Программное обеспечение:

- Microsoft Office;
- Matlab.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Освоение дисциплины предполагает использование учебной аудитории для проведения лекционных занятий с необходимыми техническими средствами (компьютер, проектор, экран).

## 9. ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

9.1 Дополнения и изменения к рабочей программе вносятся ежегодно перед началом нового учебного года в форме, представленной в Приложении Г к ООП ВО.

9.2 Список литературы обновляется с учетом приобретенной и изданной в институте новой литературы и внесением изменений в рабочую программу.

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела аспирантуры



Л.В. Харитонова

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по научно-методической  
и образовательной работе



Е.Ф. Васечкина