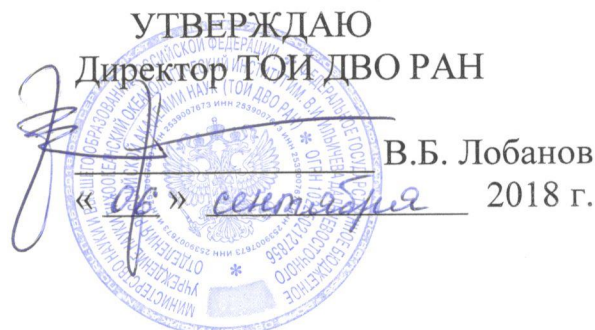


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук

ОДОБРЕНО
на заседании Ученого совета
ТОИ ДВО РАН, протокол № 6
« 30 » августа 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ТОИ ДВО РАН
В.Б. Лобанов
« 06 » сентября 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)
«ОСНОВЫ ДИНАМИКИ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ»

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия (Теоретическая физика)
Форма подготовки – очная

Курс 2, семестры 3, 4
Лекции 54 час.
Практические занятия 36 час.
Лабораторные работы
Всего часов аудиторной нагрузки 90 час.
Самостоятельная работа 18 час.
Контрольные работы (количество)
Курсовая работа/курсовой проект
Зачет 4 семестр
Экзамен

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 867.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета ТОИ ДВО РАН, протокол № 6 от «30» августа 2018 г.

Ученый секретарь
к.г.н.



Н.И. Савельева

Составитель: к.ф.-м.н., с.н.с., в.н.с. лаборатории физической океанологии
В.И. Пономарев

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Ученого совета

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Ученый секретарь _____
подпись *И.О. Фамилия*

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Ученого совета

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Ученый секретарь _____
подпись *И.О. Фамилия*

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Основы динамики океана и атмосферы» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Теоретическая физика» и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 867, учебный план подготовки аспирантов по профилю «Теоретическая физика».

Цель – подготовить аспирантов к научно-исследовательской деятельности по профилю теоретическая физика, к защите научно-квалификационной работы (диссертации) и преподаванию в учреждениях высшего профессионального образования.

Задачи

- систематизировать знания основных физических законов, обуславливающих движения в океане и циркуляцию вод;
- сформировать представление о разномасштабных физических процессах в океане и атмосфере, их роли в обмене теплом, солью и количеством;
- на основании теоретической и практической подготовки аспирантов сформировать навыки к самостоятельной научной и педагогической деятельности.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины:

Универсальные компетенции:

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).

Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2).

Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

Общепрофессиональные компетенции:

Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области динамики океана с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

Профессиональные компетенции:

Способность обобщать и использовать результаты научных исследований для решения практических задач (ПК-6).

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения.

Знать:

- физические принципы теории морских течений, дрейфа льда и взаимодействия между океаном, ледяным покровом и атмосферой;
- современные методы численного гидродинамического моделирования динамики океана;
- основные методы научно-исследовательской деятельности, основы информационно-коммуникационных технологий и их применения для анализа и моделирования изменчивости динамических процессов в океане.

Уметь:

- осуществлять выборку, статистическую обработку и интерполяцию данных метеорологического реанализа для их использования в численных

моделях динамики океана;

- применять полученные знания для решения конкретных задач в области океанологии;

- составлять программу научных исследований по выявлению разномасштабных колебаний, аномалий и климатических тенденций полей температуры, солености и скорости течения в океане и его окраинных морях.

Владеть:

- основными понятиями динамики океана и атмосферы;
- достижениями мировой науки и тенденциями развития в области динамической океанологии;

- современными методами обработки и анализа данных океанологических исследований.

Интерактивные формы обучения составляют 90 часов и включают в себя 54 часа лекционных занятий (лекция-визуализация), 36 часов практических занятий.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия – 54 часа.

МОДУЛЬ 1. Основы теории морских течений (12 ч).

Тема 1. Основные силы, обуславливающие крупномасштабные движения воды в океане (2 ч).

Инерционные и массовые силы. Сила Кориолиса на вращающейся плоскости и на Земном шаре. Параметр Кориолиса. Геострофическое приближение и основные течения в океане планетарного масштаба.

Тема 2. Уравнения крупномасштабного движения воды в океане (2 ч).

Уравнения движения (Эйлера, Лагранжа, Навье-Стокса, Рейнольдса). Уравнения движения на вращающейся сфере в декартовой и сферической системах координат. Уравнение неразрывности.

Тема 3. Вертикальная стратификация и горизонтальная неоднородность океана (2 ч).

Физические аспекты вертикальной стратификации и горизонтальной неоднородности температуры, солёности и плотности в океане. Уравнение состояния морской воды.

Тема 4. Дрейфовые течения (2 ч).

Верхний перемешанный слой океана и основные физические процессы, влияющие на его вертикальную структуру. Дрейфовые течения. Модель дрейфовых течений Экмана. Полный поток дрейфового течения. Развитие теории дрейфовых течений и динамических процессов в верхнем перемешанном слое океана.

Тема 5. Градиентные течения (2 ч).

Неоднородность уровня океана и градиентные течения на поверхности в геострофическом приближении. Приближение однородного океана. Модель градиентных течений Экмана. Метод Свердрупа для расчета градиентных течений у берега.

Тема 6. Методы расчета скорости течения в неоднородном океане по заданным полям температуры и солености морской воды (2 ч).

Динамический метод расчета течений по заданной плотности и его применимость. Нулевая поверхность и неопределенность ее задания. Динамическая топография. Особенности применения динамического метода при условии неоднородного рельефа дна. Другие методы диагностического расчета течений и их недостатки

МОДУЛЬ 2. Численные гидродинамические модели циркуляции океана (22 ч).

Тема 7. Модели циркуляции вод в однородном океане (2 ч).

Приближение однородного океана. Упрощенные численные гидродинамические модели баротропной циркуляции вод. Граничные условия твердой крышки для вертикальной скорости на поверхности моря. Граничные условия прилипания и скольжения на дне океана. Функция тока полных потоков. Краевая задача и граничные условия на береговой и открытой границах расчетной области. Влияние изменения параметра Кориолиса с широтой и вэга-эффект. Модель Манка западной интенсификации океанических течений. Влияние рельефа дна в моделях однородного океана. Кинематические условия для вертикальной скорости на поверхности моря или условие свободной поверхности.

Тема 8. Диагностические модели циркуляции вод (2 ч).

Развитие диагностических моделей циркуляции вод. Рассогласованность заданной плотности и рассчитываемого поля скорости течения с рельефом дна. Граничные условия. Адаптация к рельефу дна, Согласование полей температура, солености, плотности и скорости течения с рельефом дна и очертанием берега. Граничные условия для превышения уровня моря на контуре расчетной области.

Тема 9. Бароклинные гидродинамические модели крупномасштабной циркуляции океана (2 ч).

Стационарные, квазистационарные и нестационарные модели

циркуляции в неоднородном по плотности океане. Приближение Буссинеска. Граничные условия на поверхности, на дне океана и горизонтальных границах области, соответствующих берегу. Условия на открытых границах. Условие Орланского, условие излучения. Схема конвективного приспособления. Совместный эффект бароклинности и рельефа дна. Потенциальная, относительная и абсолютная завихренность. Геоострофическое и квазигеострофическое движение. Нелинейные эффекты. Гомогенизация потенциальной завихренности в океане.

Тема 10. Гидродинамические модели океанического реанализа (2 ч).

Глобальные и региональные модели океанического реанализа. Используемые в реанализе данные наблюдений. Применение результатов океанического реанализа в нестационарных моделях циркуляции океана и атмосферы и в исследовании изменений климата.

Тема 11. Приливы в Мировом океане (2 ч).

Приливообразующая сила. Приливные колебания уровня океана. Приливные гармоники. Вычисление приливных колебаний уровня океана. Приливные течения. Амфидромические точки. Реверсивные приливные течения. Приливные волны и их распространение в окраинных морях.

Тема 12. Гидродинамические модели приливов (2 ч).

Баротропный и бароклинный прилив. Модели приливов в океане. Использование результатов моделирования приливов в численных моделях циркуляции океана и его окраинных морях.

Тема 13. Низкочастотные баротропные и бароклинные волны в океане. Волны Россби (2 ч).

Волны Кельвина у берега, аппроксимируемого вертикальной стенкой. Волны Кельвина в численных моделях океанической циркуляции. Волны Россби, их природа, особенности распространения и проявление в численных моделях океанической циркуляции. Роль низкочастотных волн в переносе аномалий температуры и солености.

Тема 14. Упрощенные модели дрейфа ледяного покрова (2 ч).

Ветровой дрейф льда. Ветровой коэффициент. Градиентный дрейф льда. Параметризация подледного и атмосферного пограничных слоев. Влияние синоптических процессов в атмосфере на результирующий дрейф льда.

Тема 15. Гидродинамические модели дрейфа ледяного покрова (2 ч).

Модели дрейфа морского ледяного покрова с переменной сплоченностью и учетом бокового взаимодействия между льдинами и с берегом. Использование различных реалогических соотношений для параметризации бокового взаимодействия дрейфующего ледяного покрова.

Тема 16. Модели нарастания и таяния ледяного покрова (2 ч).

Одномерные модели с линейным и нелинейным профилем температуры. Задача с расчетом профиля солености и потоком рассола на нижней границе ледяного покрова.

Тема 17. Климатические модели циркуляции океана и эволюции ледяного покрова (2 ч).

Глобальные и региональные модели исследования разномасштабных климатических изменений циркуляции океана и его окраинных морей. Разномасштабные изменения крупномасштабных океанических круговоротов, меридионального переноса тепла, полей температуры и солености, исследуемые с помощью этих моделей.

МОДУЛЬ 3. Основы динамики атмосферы (20 ч).

Тема 18. Атмосферная циркуляция (4 ч).

Основные силы и факторы, обуславливающие крупномасштабные движения в атмосфере. Система уравнений движения сжимаемой жидкости. Геоострофическое и квазигеострофическое приближения.

Тема 19. Адиабатические процессы и модели атмосферы (4 ч).

Адиабатические модели общей циркуляции атмосферы и их применение. Модели прогноза погоды. Методы оценки оправдываемости прогноза и пределы предсказуемости.

Тема 20. Неадиабатические процессы и модели атмосферы (4 ч).

Притоки тепла в атмосфере и тропосфере. Роль планетарного пограничного слоя атмосферы. Радиационный и тепловой баланс. Парниковый эффект.

Тема 21. Волновые процессы в атмосфере (4 ч).

Волны Россби – Блинной и их связь с крупномасштабной циркуляцией атмосферы. Гравитационные волны и их влияние на динамические процессы в атмосфере.

Тема 22. Модели крупномасштабной атмосферной циркуляции (2 ч).

Постановка задачи. Граничные условия у поверхности Земли и на верхней границе атмосферы. Параметризация планетарного пограничного слоя атмосферы в моделях атмосферной циркуляции. Климатические модели циркуляции атмосферы.

Тема 23. Модели атмосферного реанализа (2 ч).

Постановка задачи и использование данных наблюдений. Конечный продукт. Использование метеорологических полей реанализа в моделях океанической циркуляции.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия – 36 часов.

Тема 1. Расчеты скорости течения по заданной плотности и спутниковой альтиметрии (6 ч).

Вывод формул динамического метода. Применение динамического метода к расчету скорости течения по заданной плотности. Расчет скорости геострофического течения на поверхности океана по данным спутниковой альтиметрии.

Тема 2. Численные модели циркуляции океана в различных системах координат и их применение для расчета разномасштабной изменчивости полей скорости течения, температуры и солености в океане (8 ч).

Используемые системы координат и общие сведения об известных моделях циркуляции: MOM, РИАМ ОМ, POM, ROMS, NEMO, МГИ. Слоистые и конечно-разностные модели. Особенности, преимущества и недостатки различных моделей. Подготовка начальных и граничных условия.

Применение слоистых моделей в том числе разработанной Н.Б. Шапиро в МГИ РАН (Севастополь). Постановка задачи и внешние параметры модели. Схемы параметризации верхнего перемешанного слоя океана, параметризации конвекции, вертикального и горизонтального перемешивания во внутренних слоях модели. Моделирование крупномасштабной циркуляции. Моделирование циркуляции синоптического и субсиноптического масштабов. Преимущество и недостатки этих моделей.

Тема 3. Применение модели POMC в комбинированной системе координат (Z-Sigma) (8 ч).

Постановка задачи и внешние параметры модели. Варианты задания граничных условий на жидких и твердых границах области и их подготовка. Подготовка граничных условий на поверхности моря. Схемы параметризации конвекции, вертикального и горизонтального перемешивания. Моделирование крупномасштабной циркуляции. Моделирование циркуляции синоптического и субсиноптического масштабов.

Тема 4. Ассимиляция данных наблюдений в численных моделях циркуляции (8 ч).

Ассимиляция изменений превышения уровня океана, температуры и солености на поверхности океана. Жесткие и мягкие условия ассимиляции.

Тема 5. Модели атмосферного реанализа (6 ч).

Постановка задачи и использование данных наблюдений. Конечный продукт. Использование метеорологических полей реанализа в моделях океанической циркуляции. Интерполяция, ассимиляция.

Ш. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Фонд оценочных средств прилагается.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Володин Е.М. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы. Курс лекций. М.: ИВМ РАН, 2007. 89 с.
2. Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Общая океанология. Ч. 2. Динамические процессы. СПб.: РГГМУ, 1999. 230 с.
3. География Мирового океана. Том 1. Физическая география Мирового океана. М.: Наука. 1980.
4. География Мирового океана. Том 3. Тихий океан. М.: Наука. 1981.
5. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986. 396 с., 415 с.
6. Дальневосточные моря России / отв. ред. В.А. Акуличев в 4 кн. М.: Наука. 2007. Кн.1: Океанологические исследования / отв. ред. В.Б. Лобанов, В.А. Лучин. 670 с.
7. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: МГУ, 1982. 192 с.
8. Доронин Ю.П. Физика океана. СПб.: РГГМУ, 2002. 340 с.
9. Ефимов В.В., Куликов Е.А., Рабинович А.Б., Файн И.В. Волны в пограничных областях океана. Л., Гидрометеиздат, 1985. 280 с.
10. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М.: Мысль, 1999. 400 с.
11. Лебедев В.Л. Граничные поверхности в океане. М.: МГУ, 1986. 193 с.
12. Лебедев В.Л., Айзатуллин Т.А., Хайлов К.М. Океан как динамическая система. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 206 с.
13. Леонтьев О.К. Физическая география Мирового океана. М.: МГУ, 1982. 200 с.
14. Малинин В.Н. Общая океанология. Ч. 1. Физические процессы. СПб.: РГГМУ, 1998. 342 с.

15. Мамаев О.И. Физическая океанография. Избранные труды. М.: ВНИРО, 2000. 364 с.

16. Марчук Г.И., Саркисян А.С. Математическое моделирование циркуляции океана. М.: Наука, 1988. 304 с.

17. Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана: в 2 кн. / гл. ред. В.А. Акуличева; ТОИ ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука. 2013. Кн. 1. 436 с.

18. Океанология. Физика океана. Геология океана. Химия океана. Биология океана. М.: Наука, 1977-1980.

19. Рабинович А.Б. Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. СПб, Гидрометеиздат, 1993. 325 с.

20. Степанов В.Н. Океаносфера. М.: Мысль, 1983. 270 с.

21. Фельзенбаум А. И. Теория установившегося дрейфа льдов и расчет среднего многолетнего дрейфа в центральной части Арктического бассейна // Проблемы Севера, 1958. Вып. 2. С.16-45.

22. Фельзенбаум А.И. Динамика морских течений. Итоги науки. М.: ВИНТИ, 1970. С. 99-338.

23. Ханайченко Н.К. Система экваториальных течений в океане. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 158 с.

Дополнительная литература

1. Бурков В.А. Общая циркуляция Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 256 с.

2. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. Ч. 1, 2. М.: Мир, 1981. 480 с., 365 с.

3. Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 336 с.

4. Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 320 с.

Пособия

1. Атлас океанов. Т. 1-3. Л.: Изд-во ВМФ СССР.
2. География Мирового океана. Т. 1-6. Под ред. К.К. Маркова, А.П. Капицы.
3. Обработка данных океанографической станции. Севастополь: ЮНЕСКО – МГИ, 1993.
4. Океанографические таблицы. Л.: Гидрометеиздат, 1975.