

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ

Рабочая программа по дисциплине

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ГИДРОДИНАМИКА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

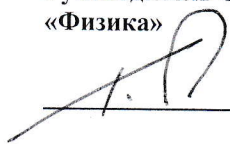
03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):
Физика

Квалификация:
Бакалавр

Форма обучения
Очная


Согласовано
Руководитель ОПОП
«Физика»



Бобровский А.П.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
19 июля 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
ЭФА 19.04 2018 г., протокол № 2
Зав. кафедрой  Кузнецов А.Д.

Автор-разработчик:
 Егоров К.Л.

УДК 550.3

Программа дисциплины «Геофизическая гидродинамика». Направление подготовки 030302 – Физика. Квалификация (степень) – Бакалавр. Для высших учебных заведений. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2018 – 16 с.

Составили: Егоров К.Л. – к. ф.-м. н., доцент кафедры экспериментальной физики атмосферы Российского государственного гидрометеорологического университета.

Ответственный редактор: Кузнецов А.Д. – заведующий кафедрой экспериментальной физики атмосферы Российского государственного гидрометеорологического университета.

Рецензент: А.С. Сафрай – канд. физ. –мат. наук, зав. Лабораторией геофизических пограничных слоёв Спб. Филиала Института океанологии РАН.

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Геофизическая гидродинамика» – подготовка бакалавров физиков, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками в объеме, необходимом для анализа физических взаимосвязей между параметрами изучаемых гидродинамических процессов в атмосфере и в океане и причинами, их определяющими, с учётом особенностей, обусловленных такими факторами, как вращение Земли, плотностная стратификация, трение и орография.

Основные задачи дисциплины «Геофизическая гидродинамика» связана с освоением студентами:

- теоретических основ математического описания гидродинамических процессов во вращающейся системе координат;
- теоретических принципов упрощения уравнений в задачах по изучению гидродинамических явлений с различными характерными масштабами, свойственными динамике атмосферных и океанических движений;
- результатов анализа взаимосвязей между параметрами составных элементов сложной структуры течений в атмосфере и в океанах и упомянутыми выше геофизическими факторами;
- практических навыков решения задач по определению конкретных значений физических параметров в различных гидрометеорологических явлениях.

Дисциплина изучается всеми студентами, обучающимися по программе подготовки бакалавров физике на экологическом факультете.

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Геофизическая гидродинамика»(Б1.В.ДВ.5.1) для направления подготовки 030302 – Физика относится к дисциплинам по выбору вариативной части цикла Б1.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Иностранный язык (англ.)», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функций комплексного переменного», «Дифференциальные уравнения», «Интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Механика», «Молекулярная физика», «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред», «Линейный и нелинейный уравнения физики», «Физика атмосферы и гидросферы», «Теория колебаний и волн».

Параллельно с дисциплиной «Геофизическая гидродинамика» изучаются такие дисциплины, как: «Математическое моделирование переноса загрязнений в атмосфере», «Математическое моделирование антропогенных воздействий на водные экосистемы».

Знания, полученные в результате изучения дисциплины «Геофизическая гидродинамика», могут быть использованы в выпускной квалификационной работе бакалавра.

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.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины «Геофизическая гидродинамика» формируются следующие компетенции:

ОПК-2 - способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

ОПК-3 - способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

±

ПК-1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Бакалавр должен **знать**:

- причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле ;
- наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане ;
- взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими .

Бакалавр должен **уметь**:

- применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений;
- объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов .

Бакалавр должен **иметь представление** об особенностях гидродинамических процессов, свойственных океанам

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ По всем годам набора 2015, 2016, 2017, 2018

Таблица 1

Вид учебной дисциплины	Всего часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	180	7
Аудиторные занятия	86	
Лекции	34	

Процент лекций в объёме аудиторных часов занятий	40%
Лабораторные работы	0
Практические занятия	52
Самостоятельная работа всего:	94
Вид итогового контроля – экзамен	Экзамен
В том числе подготовка к сдаче экзамена	27

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	или семинарские занятия	Самостоятельная работа	занятий в активной или интерактивной	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ	2	0	2	6	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
2	Уравнения гидродинамики для турбулентного течения	3	0	4	4	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
3	Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле	2	0	4	4	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
4	Статика и квазистатические перемещения	2	0	4	4	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
5	Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения	2	0	8	8	4	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
6	Поверхности раздела	3	0	6	6	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
7	Вихревая динамика	4	0	4	6	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
8	Динамика циркуляционных систем	3	0	4	6	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1

9	Волны в геофизических средах	5	0	6	6	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
10	Планетарные пограничные слои (ППС)	3	0	6	8	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
11	Основные элементы общей циркуляции атмосферы и океана	3	0	2	4	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
12	Баротропная неустойчивость	2	0	2	5	2	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
Итого		34	0	52	67	26	153
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (27 часов)		180 часа					

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ

Уравнения движения и неразрывности как отражение законов сохранения количества движения и массы. Реальные силы, действующие в жидкости. Связь скоростей и ускорений в неподвижной и вращающейся системах координат. Ускорение Кориолиса. Сила тяжести и сила Кориолиса. Уравнения движения во вращающейся системе координат.

Уравнения движения в сферической системе координат, связанной с вращающейся Землёй.

Закон сохранения энергии. Уравнение притока тепла. Уравнения переноса других субстанций. Уравнение состояния.

4.2.2 Уравнения гидродинамики для турбулентного течения

Турбулентное движение, средние величины и флуктуации. Осреднение физических полей в турбулентном потоке. Осреднение уравнений движения, неразрывности, переноса тепла, водяного пара и примеси. Турбулентные потоки и притоки различных субстанций.

4.2.3 Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле

Характерные масштабы и безразмерные величины. Приведение уравнений к безразмерному виду. Безразмерные комплексы и критерии подобия. Принцип упрощения уравнений. Классификация движений по характерным масштабам и критериям подобия.

4.2.4 Статика и квазистатические перемещения

Уравнение статики, его следствия. Геопотенциал и его изменения. Квазистатические вертикальные перемещения элементов среды и их термодинамические эффекты.

4.2.5 Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения

Геострофическое движение. Градиентное движение по криволинейным изобарам. Циклострофическое движение. Инерционные движения, круги инерции.

Изменение горизонтального барического градиента и геострофического движения с высотой.

4.2.6 Поверхности раздела

Разрывы численных значений физических параметров жидких сред, примеры их формирования. Основные свойства поверхностей раздела. Наклон поверхности раздела.

4.2.7 Вихревая динамика

Уравнения теории мелкой воды. Интегральные соотношения. Абсолютный и относительный вихрь скорости. Уравнение переноса вихря. Условие сохранения абсолютного вихря. Потенциальный вихрь.

4.2.8 Динамика циркуляционных систем

Физические факторы, приводящие к изменению циркуляции по жидкому замкнутому контуру. Бароклинная циркуляция. Влияние вращения Земли. Зонально осредненные уравнения движения и переноса тепла. Баротропная неустойчивость зонального переноса. Особенности переноса воздушных масс в экваториальной зоне.

4.2.9 Волны в геофизических средах

Уравнения линейной теории волн. Звуковые волны. Гравитационные волны в стратифицированной среде. Волны на поверхности раздела.

Влияние вращения Земли на гравитационные волны. Инерционные волны Россби, их фазовая и групповая скорости. Орографические волны, волны Кельвина.

4.2.10 Планетарные пограничные слои (ППС)

Уравнения движения для стационарного, горизонтально однородного ППС. Распределение скорости и сил по высоте в верхнем слое океана и в пограничном слое атмосферы, толщина ППС.

4.2.11 Основные элементы общей циркуляции атмосферы и океана

Основной характер переноса воздушных масс в средних широтах и в экваториальной зоне. Ячейки Гадля.

Горизонтальная дрейфовая циркуляция, влияние топографии дна, западная интенсификация, экваториальные и циркумполярное антарктическое течения.

4.2.12 Баротропная неустойчивость

Влияние меридионального сдвига скорости на устойчивость зональных потоков.

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Таблица № 3.1

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Формируемые компетенции
1	2	Дифференциальные характеристики гидродинамических полей.	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
2	3	Кинематические характеристики потоки.	ОПК-2

			ОПК-3 ПК-1
3	4	Расчет характеристик пространственной изменчивости гидрометеорологических параметров. Связь между индивидуальной, локальной и конвективной производными.	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
4	5	Численная оценка критериев подобия гидродинамических процессов различных временных и пространственных масштабов	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
5	5	Геопотенциал и его изменения	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
6	5	Термические эффекты при вертикальных перемещениях воздушных масс	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
7	5	Геострофическое, градиентное и инерционное движение	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
8	6	Термический ветер, адвективные изменения параметров потока	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
9	7	Связь наклона поверхностей раздела с разрывами параметров сред	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
10	6, 7	Оценка локальных изменений и индивидуальных изменений вихря	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
11	8	Оценка скорости в циркуляционных системах	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
12	9	Гравитационные волны.	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
13	10	Планетарные волны Россби.	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
14	11	Спираль Экмана	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
15	12	Анализ элементов общей циркуляции	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
16	13	Оценка критериев неустойчивости	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. *Педлоски Дж.* Геофизическая гидродинамика. Т.1 и 2. – М.: Мир, 1984.
2. *Динамическая метеорология.* Под ред. Д.Л.Лайхтмана. – Л.: Гидрометеиздат, 1976.
3. *Доронин Ю.П.* Взаимодействие атмосферы и океана.-Л.: Гидрометеиздат, 1981.
4. *Задачник по динамической метеорологии.* Л.: Гидрометеиздат, 1984.

б) дополнительная литература:

1. *Монин А.С.* Теоретические основы геофизической гидродинамики. –Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. *Гилл А.* Динамика атмосферы и океана. Т.1 и 2. – М.: Мир, 1986.
3. *Основы динамической метеорологии.* Под ред. Д.Л.Лайхтмана и М.Ю.Юдина. – Л.: Гидрометеиздат, 1955.
4. *Бреховских Л.М., Гончаров В.В.* Введение в динамику сплошных сред. – М.: Наука, 1982.
5. *Динамика атмосферы.* Под ред. Суворова С.С. и Клёмина В.В. - Санкт-Петербург : Наука, 2013.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

При обучении «Геофизической гидродинамике» используются бланки аэрологических диаграмм, архивные карты ежедневных и среднемесячных барических полей за сто лет на технических носителях, программное обеспечение для численного решения задач динамики и термодинамики атмосферы, ежедневные текущие комплекты исходных и прогностических синоптических карт барических полей из ГМЦ России и метеорологических центров США, Германии и Швеции.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки физических законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.
Практические занятия	Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно- теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач, решить задачи заданные на дом (не менее пяти типовых задач). Главным содержанием практических занятий является активная работа каждого студента по применению физических понятий, законов и моделей к конкретным задачам, в том числе прикладного характера. На практическом занятии главное – уяснить связь решаемых задач с теоретическими положениями. Для закрепления навыков дома решаются задачи, заданные преподавателем по пройденной теме. Для ведения записей на практических занятиях обычно заводят отдельную тет-

	<p>радь. Для закрепления полученных практических навыков после изучения темы проводится тестирование. Тестовые задания выполняются в виде решения индивидуальных задач во внеаудиторное время и сдаются преподавателю на проверку. Проверенные тесты хранятся у преподавателя до завершения изучения дисциплины.</p> <p>Логическая связь лекций и практических занятий заключается в том, что информация, полученная на лекции, в процессе самостоятельной работы на практическом занятии осмысливается и перерабатывается, при помощи преподавателя анализируется до мельчайших подробностей, после чего прочно усваивается.</p>
Внеаудиторная работа	<p>представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> –самостоятельное изучение разделов дисциплины; –подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач; –выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий.
Подготовка к зачету	<p>Зачет имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ.</p> <p>Подготовка к зачету предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий. К зачету допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы.</p>

1. Компьютерная презентация отдельных разделов лекционного курса. Проводится с целью повышения уровня наглядности усвоения лекционного материала. Вся презентация размещается в Интернете на специализированном сайте РГГМУ.

2. Контроль посещаемости студентами лекций.

3. Тестирование студентов (предпочтительно – с помощью компьютера). Образцы вопросов см. приложение 1.

4. Решение задач по тематике лабораторных работ. Образцы задач см. задачник [3] в разделе 6.1. настоящей Программы (основная литература).

5. Прием отчетов по результатам выполнения каждой лабораторной работы.

4. Аттестация студентов по результатам выполнения лабораторного практикума. Проводится ежемесячно с вывешиванием результатов аттестации за каждый месяц.

8. Прием экзамена по курсу в 4-м учебном семестре. Образец экзаменационного билета см. приложение 4.

7.1. Приложение 1.

Образцы вопросов для тестирования студентов.

1. Сила Кориолиса пропорциональна:

а) – скалярному произведению вектора скорости и вектора вращения Земли вокруг собственной оси;

б) – векторному произведению вектора вращения Земли и силы тяжести;

в) – векторному произведению скорости движения и вектору вращения Земли;

г) – скалярному произведению относительного вихря и вектора вращения Земли.

(Правильный ответ – в)

2. Циклоническая система в северном полушарии характеризуется

- а) – низким давлением в центре и вращательным движением по часовой стрелке;
 - б) – высоким давлением в центре и вращательным движением по часовой стрелке;
 - в) – низким давлением в центре и вращательным движением против часовой стрелки;
 - г) – высоким давлением в центре и вращательным движением против часовой стрелки.
- (Правильный ответ – в)

7.2. Приложение 2.

Образцы экзаменационных билетов для экзамена в 7-м учебном семестре.

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Метеорологический факультет
Кафедра динамики атмосферы и космического землеведения
 Геофизическая гидродинамика

БИЛЕТ № 2

1. Связь изменений произвольного вектора в неподвижной и вращающейся системах координат.
2. Уравнение вихря. Факторы, приводящие к изменению относительного вихря. Условия сохранения абсолютного вихря.

БИЛЕТ № 24

1. Изменение горизонтального градиента давления с высотой.
2. Уравнение вихря. Факторы, приводящие к изменению относительного вихря. Условия сохранения абсолютного вихря.

8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ОЦЕНОЧНЫМ СРЕДСТВАМ

Таблица 4

№ п/п	Раздел дисциплины	Образовательные технологии	Оценочные средства	Время на изучение те- мы в часах	Формируемая компетенция

1	Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ	Лекция	Вопросы и ответы в баллах	8	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
2	Уравнения гидродинамики для турбулентного течения	Лекция	Опрос и оценка знаний темы	11	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
3	Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле	Лекция, лабораторная работа	Контрольное расчётное задание	8	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
4	Статика и квазистатические перемещения	Лекция, семинар	Контрольная работа	10	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
5	Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения	Лекция, семинар	Контрольная работа и устный опрос с оценкой	22	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
6	Поверхности раздела	Лекция	Контрольная работа	14	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
7	Вихревая динамика	Лекция, лабораторная работа, коллоквиум	Опрос с оценкой	14	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
8	Динамика циркуляционных систем	Лекция, семинар	Опрос и оценка знаний темы	14	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
9	Волны в геофизических средах	Лекции, семинар	Контрольная работа и устный опрос с оценкой	16	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
10	Планетарные пограничные слои (ППС)	Лекция и письменный контроль	Вопросы и ответы в баллах	16	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
11	Основные элементы общей циркуляции атмосферы и океана	Лекция и тестовый контроль	Опрос и оценка знаний темы	12	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
12	Баротропная неустойчивость	Лекции, лабораторная работа, коллоквиум, семинар	Контрольная работа и устный опрос с оценкой	8	ОПК-2 ОПК-3 ПК-1
ИТОГО				153	

9. . МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная лаборатория, оборудованная персональными компьютерами для демонстрации результатов моделирования изучаемых процессов и выполнения индивидуальных заданий по темам лабораторного практикума.