

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа по дисциплине

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА АЭРОЗОЛЕЙ И ГИДРОМЕТЕОРОВ**

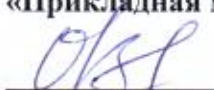
Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**05.03.05 Прикладная гидрометеорология**

Направленность (профиль):  
**Прикладная метеорология**

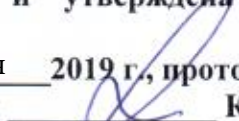
Квалификация:  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная/Заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная метеорология»  
  
Волобуева О.В.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
22 октября 2019 г., протокол № 2

Рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры  
2 сентября 2019 г., протокол № 1  
Зав. кафедрой  Кузнецов А.Д.

Автор-разработчик:  
  
Крюкова С.В.

**Составил:**

Егоров К.Л. –доцент кафедры экспериментальной физики атмосферы

©К.Л.Егоров, 2019.

© РГГМУ, 2019.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Геофизическая гидродинамика» – подготовка бакалавров, 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.

Основная задача 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.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Геофизическая гидродинамика» для направления подготовки 05.03.05. – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная метеорология» относится к дисциплинам вариативной части цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Информатика», «Вычислительная математика», «Теория вероятности и математическая статистика», «Геофизика», «Физика атмосферы», «Теоретическая механика», «Гидромеханика».

Дисциплина «Геофизическая гидродинамика» является базовой для изучения дисциплин: «Экология», «Динамическая метеорология», «Атмосферное электричество», «Физика облаков», «Численные методы математического моделирования», «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации», «Методы зондирования окружающей среды», «Синоптическая метеорология», «Космическая метеорология», «Авиационная метеорология», «Дополнительные главы параметризации физических процессов», «Дополнительные разделы численных методов решения задач гидродинамики».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОК-5	Способность к самообразованию, саморазвитию и самоконтролю, приобретению новых знаний, повышению своей квалификации.
ОПК-1	Способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики.
ОПК-3	Способность анализировать и интерпретировать данные натуральных и

	лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования.
<b>ПК-2</b>	Способность анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения.
<b>ПК-1</b>	Умение решать, реализовывать на практике и анализировать результаты решения гидрометеорологических задач

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Геофизическая гидродинамика» обучающийся 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.

**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.

**Владеть:**

- знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;
- навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Геофизическая гидродинамика» сведены в таблице.

## Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенц ии	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 минимальный	4 базовый	5 продвинутый
Второй этап (уровень) ОК-5	<b>Владеть:</b> - навыками самостоятельной работы с источниками и литературой;	<b>Не владеет:</b> - навыками самостоятельной работы с источниками и литературой;	<b>Слабо владеет:</b> - навыками самостоятельной работы с источниками и литературой;	<b>Хорошо владеет:</b> - навыками самостоятельной работы с источниками и литературой;	<b>Свободно владеет:</b> - навыками самостоятельной работы с источниками и литературой;
	<b>Уметь:</b> критически воспринимать, анализировать и оценивать полученную информацию	<b>Не умеет:</b> критически воспринимать, анализировать и оценивать полученную информацию	<b>Затрудняется:</b> критически воспринимать, анализировать и оценивать полученную информацию	<b>Хорошо умеет:</b> критически воспринимать, анализировать и оценивать полученную информацию	<b>Отлично умеет:</b> критически воспринимать, анализировать и оценивать полученную информацию
	<b>Знать:</b> - причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле	<b>Не знает:</b> - причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле	<b>Плохо знает:</b> - причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле	<b>Хорошо знает:</b> - причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле	<b>Отлично знает:</b> - причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере и океане на вращающейся Земле
Второй этап (уровень) ОПК-1	<b>Владеть:</b> - знаниями о возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Не владеет:</b> - знаниями о возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Слабо владеет:</b> - знаниями о возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Хорошо владеет:</b> - знаниями о возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Уверенно владеет:</b> - знаниями о возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;
	<b>Уметь:</b> - применять физические законы для анализа атмосферных процессов;	<b>Не умеет:</b> - применять физические законы для анализа атмосферных процессов;	<b>Затрудняется:</b> - применять физические законы для анализа атмосферных процессов;	<b>Хорошо умеет:</b> - применять физические законы для анализа атмосферных процессов;	<b>Отлично умеет:</b> - применять физические законы для анализа атмосферных процессов;
	<b>Знать:</b> - основные физические законы в динамических и термических процессах в	<b>Не знает:</b> - основные физические законы в динамических и термических процессах в	<b>Плохо знает:</b> - основные физические законы в динамических и термических процессах в	<b>Хорошо знает:</b> - основные физические законы в динамических и термических процессах в	<b>Отлично знает:</b> - основные физические законы в динамических и термических процессах в

	атмосфере и океане на вращающейся Земле; - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане	атмосфере и океане на вращающейся Земле; - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане	атмосфере и океане на вращающейся Земле; - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане	атмосфере и океане на вращающейся Земле; - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане	атмосфере и океане на вращающейся Земле; - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане
Второй этап (уровень) ОПК-3	<b>Владеть:</b> - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;	<b>Не владеет:</b> - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;	<b>Слабо владеет:</b> - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;	<b>Хорошо владеет:</b> - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;	<b>Уверенно владеет:</b> - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;
	<b>Уметь:</b> - применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений;	<b>Не умеет:</b> - применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений;	<b>Затрудняется:</b> - применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений;	<b>Хорошо умеет:</b> - применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений;	<b>Отлично умеет:</b> - применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания отдельных типов движений;
	<b>Знать:</b> - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане;	<b>Не знает:</b> - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане;	<b>Плохо знает:</b> - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане;	<b>Хорошо знает:</b> - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане;	<b>Отлично знает:</b> - наиболее характерные типы движений в атмосфере и в океане;
Первый этап (уровень) ПК-2	<b>Владеть:</b> - методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений; - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Не владеет:</b> - методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений; - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Слабо владеет:</b> - методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений; - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Хорошо владеет:</b> - методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений; - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера	<b>Уверенно владеет:</b> - методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений; - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера
	<b>Уметь:</b> - объяснить физический механизм условий существования и развития	<b>Не умеет:</b> - объяснить физический механизм условий существования и развития	<b>Затрудняется:</b> - объяснить физический механизм условий существования и развития	<b>Хорошо умеет:</b> - объяснить физический механизм условий существования и развития	<b>Отлично умеет:</b> - объяснить физический механизм условий существования и развития

	различных гидродинамических процессов;	различных гидродинамических процессов;	различных гидродинамических процессов;	различных гидродинамических процессов;	различных гидродинамических процессов;
	<b>Знать:</b> - взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими;	<b>Не знает:</b> - взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими;	<b>Плохо знает:</b> - взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими;	<b>Хорошо знает:</b> - взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими;	<b>Отлично знает:</b> - взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими;
Первый этап (уровень) ППК-1	<b>Владеть:</b> - знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Не владеет:</b> - знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Слабо владеет:</b> - знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Хорошо владеет:</b> - знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;	<b>Уверенно владеет:</b> - знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования механики жидкости и газа при решении основных и прикладных задач;
	<b>Уметь:</b> - объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов;	<b>Не умеет:</b> - объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов;	<b>Затрудняется:</b> - объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов;	<b>Хорошо умеет:</b> - объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов;	<b>Отлично умеет:</b> - объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов;
	<b>Знать:</b> - основные гидродинамические процессы и условия их существования;	<b>Не знает:</b> - основные гидродинамические процессы и условия их существования;	<b>Плохо знает:</b> - основные гидродинамические процессы и условия их существования;	<b>Хорошо знает:</b> - основные гидродинамические процессы и условия их существования;	<b>Отлично знает:</b> - основные гидродинамические процессы и условия их существования;

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
	2019 г. набора	2019 г. набора
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>108 часов</b>	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателями (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>60</b>	<b>16</b>
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	<b>6</b>
практические занятия	-	<b>6</b>
лабораторные занятия	<b>28</b>	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>	<b>96</b>
в том числе:		
контрольная работа	-	+
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

##### Очное обучение 2019 г. набора

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час			Форма текущего контроля успеваемости	Занятий в активной или интерактивной форме	Формируемые компетенции
			Лекции	Лаб. и практич. работы	Самостоятельная работа			
1	Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ	4	2	2	2	Вопросы и ответы в баллах	1	ОК-5 ОПК-1
2	Уравнения гидродинамики для турбулентного течения	4	2	2	4	Вопросы и ответы в баллах	1	ОК-5 ОПК-1
3	Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле	4	2	2	8	Вопросы и ответы в баллах	1	ОПК-1 ОПК-3 ПК-2



4	Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения	4	2	10	10	Вопросы и ответы в баллах, контрольное расчетное задание	1	ОПК-3 ПК-2 ППК-1
5	Вихревая динамика	4	0	2	8	Вопросы и ответы в баллах	1	ОПК-3 ПК-2 ППК-1
6	Волны в геофизических средах	4	2	4	10	Вопросы и ответы в баллах	1	ОК-5 ОПК-1 ПК-2
7	Планетарные пограничные слои (ППС)	4	2	4	10	Вопросы и ответы в баллах	1	ОК-5 ОПК-1 ППК-1
8	Основные элементы общей циркуляции атмосферы	4	0	2	6	Вопросы и ответы в баллах	1	ОПК-1 ОПК-3 ПК-2
9	Баротропная неустойчивость	4	2	0	8	Опрос	1	ОПК-3 ПК-2
10	Особенности крупномасштабной структуры океанических течений	4	2	0	8	Опрос	1	ОК-5 ОПК-3
<b>Итого</b>			<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>		<b>10</b>	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена			<b>108 часов</b>					

**Заочное обучение**  
2019 г. набора

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час			Форма текущего контроля успеваемости	Занятий в активной или интерактивной форме	Формируемые компетенции
			Лекции	Лаб. и практич. работы	Самостоятельная работа			
1	Основные уравнения динамики жидкости на вращающейся Земле и их анализ	6	0	0	10	Опрос	0	ОК-5 ОПК-1
2	Уравнения гидродинамики для турбулентного течения	6	2	2	12	Опрос, задание в контрольной работе	1	ОК-5 ОПК-1
3	Подобие гидродинамических движений на вращающейся Земле	6	0	2	10	Опрос	0	ОПК-1 ОПК-3 ПК-2

4	Простейшие типы движений жидкости при отсутствии трения	6	2	2	16	Опрос, задания в контрольной работе	0	ОПК-3 ПК-2 ППК-1
5	Вихревая динамика	6	0	0	12	Опрос	0	ОПК-3 ПК-2 ППК-1
6	Волны в геофизических средах	6	0	0	12	Опрос	0	ОК-5 ОПК-1 ПК-2
7	Планетарные пограничные слои (ППС)	6	0	0	8	Опрос	1	ОК-5 ОПК-1 ППК-1
8	Основные элементы общей циркуляции атмосферы	6	2	0	6	Опрос	0	ОПК-1 ОПК-3 ПК-2
9	Баротропная неустойчивость	6	0	0	6	Опрос	0	ОПК-3 ПК-2
10	Особенности крупномасштабной структуры океанических течений	6	0	0	4	Опрос	0	ОК-5 ОПК-3
<b>Итого</b>			<b>6</b>	<b>6</b>	<b>96</b>		<b>2</b>	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена					<b>108 часов</b>			

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1 Основные уравнения динамики жидкости 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.

Уравнение статики, его следствия. Геопотенциал и его изменения.

Квазистатические вертикальные перемещения элементов среды и их термодинамические эффекты.

### 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 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.

Поверхности раздела, основные свойства. Наклон поверхности раздела. Особенности динамики течений в экваториальной зоне.

#### **4.2.5 Вихревая динамика**

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

#### **4.2.6 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.

#### **4.2.7 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.

#### **4.2.8 Основные элементы общей циркуляции атмосферы**

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

#### **4.2.9 Баротропная неустойчивость**

Неустойчивость гравитационных волн в среде с вертикальным сдвигом скорости. Влияние меридионального сдвига скорости на устойчивость планетарных волн в зональном потоке.

#### **4.2.10 Особенности крупномасштабной структуры океанических течений**

Течение Свердрупа. Западные пограничные слои, влияние рельефа дна. Экваториальные противотечения.

### **4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика практических занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые</b>
--------------	-----------------------------	--------------------------------------	-------------------------	--------------------

				<b>компетенции</b>
1	1	Дифференциальные характеристики метеорологических полей	Выполнение расчетов	ОПК-3
2	2	Кинематические характеристики потока	Выполнение расчетов	ОПК-3, ПК-2
3	3,4	Связь между индивидуальной, локальной и конвективной производными	Выполнение расчетов	ОПК-3 ПК-2
4	4	Геострофическое, градиентное и инерционное движение	Выполнение расчетов	ПК-2 ППК-1
5	4	Термический ветер	Выполнение расчетов	ПК-2, ППК-1
6	5	Динамика вихря	Выполнение расчетов	ПК-2, ППК-1
7	6	Гравитационные волны	Выполнение расчетов	ОК-5, ОПК-3 ППК-1
8	6	Планетарные волны Россби	Выполнение расчетов	ОК-5, ПК-2 ППК-1
9	7	Спираль Экмана	Выполнение расчетов	ПК-2, ППК-1

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **5.1. Текущий контроль**

Устный контроль в процессе занятий (опрос).

Тестовый контроль.

Контрольные расчетные задания по основным темам курса.

Контрольная работа для студентов, обучающихся по заочной форме.

#### **5.1.1.. Образцы заданий текущего контроля**

##### **а) Образцы заданий тестового контроля**

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.

## **б) Образцы контрольных расчетных заданий по основным темам курса**

Термический ветер и геострофическая адвекция температуры.

Вариант №5

Задача 1. На карте приземного давления расстояние между прямолинейными параллельными изобарами 1.7 см. Вектор горизонтального градиента давления направлен на ССЗ. Горизонтальный градиент температуры отклоняется от горизонтального градиента давления на угол  $-30^\circ$ . Расстояние между единичными изотермами на карте равно 1.1 см. Масштаб карты  $M=1:1.5 \times 10^7$ . Средняя температура слоя 280 К. Плотность воздуха  $1.3 \text{ кг/м}^3$ . Широта места  $65^\circ$ .

Определить скорость и направление геострофического ветра на уровнях 1 км и 3 км, а также геострофическую адвекцию температуры за час на нижнем из них. Выполнить рисунок.

Задача 2. Найти высоту, на которой геострофический ветер имеет минимальное значение, определить величину и направление ветра на этой высоте, если на уровне 500 м геострофический ветер ЮЗ и равен 14 м/с, а горизонтальный градиент температуры, равный  $1.2 \text{ К/100 км}$ , отклонен от вектора ветра на угол  $-210^\circ$ . Средняя температура слоя 285 К. Широта места  $70^\circ$ .

Определить геострофическую адвекцию температуры за час на высоте минимального ветра. Выполнить рисунок.

Задача 3. По результатам ветрового зондирования геострофический ветер на высоте 0.5 км Ю и равен 14 м/с, а на высоте 1.2 км ЮЮВ и равен 15 м/с. Средняя температура слоя 280 К. Широта места  $60^\circ$ .

Определить термический ветер между указанными уровнями, среднее в слое значение горизонтального градиента температуры и его направление, а также среднюю геострофическую адвекцию температуры за час. Выполнить рисунок.

## **в) Образцы заданий контрольной работы для заочной формы обучения**

Задача 2. У земли геострофический ветер юго-восточный, 10 м/с. На высоте 6 км ветер южный и достигает минимума. Найти геострофический ветер и геострофическую адвекцию температуры на высоте 3 км. Температура на этом уровне равна 273 К, широта места  $45^\circ$ . Горизонтальный градиент температуры не меняется с высотой.

Задача 4. В теплой воздушной массе, имеющей температуру  $22^\circ\text{C}$  и расположенной западнее меридионально-ориентированного фронта, ветер северо-западный 8 м/с. В холодной воздушной массе с температурой  $12^\circ\text{C}$  ветер юго-юго-западный. Определить скорость ветра в холодной воздушной массе, наклон поверхности раздела к плоскости горизонта, скорость перемещения фронта и вертикальную скорость на поверхности раздела в теплой воздушной массе, если в холодной воздушной массе вертикальные токи отсутствуют. Широта места  $60^\circ$ .

## 5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материала и выполнение практических работ проходит при регулярных консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

## 5.3. Промежуточный контроль: экзамен

На экзамене от студента требуется ответить на теоретические вопросы.

### Перечень вопросов к экзамену

1. Законы сохранения импульса и массы, их следствия (уравнения гидродинамики). Реальные силы, действующие в сплошной среде.
2. Связь изменений произвольного вектора в неподвижной и вращающейся системах координат.
3. Связь ускорений в неподвижной и вращающейся системе координат.
4. Центробежная сила вращения Земли, её проявление. Сила тяжести.
5. Сила Кориолиса, её проявление.
6. Баланс сил в статических условиях, основные следствия.
7. Геопотенциал, его связь с давлением.
8. Связь между горизонтальным барическим градиентом, наклоном изобарических поверхностей и горизонтальным градиентом геопотенциала изобарических поверхностей.
9. Связь изменений абсолютного и относительного геопотенциалов изобарических поверхностей с изменениями давления и температуры.
10. Первое начало термодинамики, уравнение притока тепла. Уравнение состояния для атмосферы и океана.
11. Изменение температуры в частице воздуха при её вертикальных квазистатических перемещениях.
12. Связь между температурой и давлением в частице воздуха при адиабатических процессах. Потенциальная температура.
13. Связь между изменениями по вертикали абсолютной и потенциальной температур. Преобразование уравнения притока тепла с использованием потенциальной температуры.
14. Условия вертикальной статической устойчивости индивидуальной частицы (в океане и в атмосфере) и самой среды. Критерии устойчивости.
15. Турбулентность: понятие и условия возникновения.
16. Осреднение физической величины в турбулентном потоке. Выбор периода осреднения. Спектр атмосферных движений.
17. Правила осреднения физических величин.
18. Приведение уравнений переноса различных субстанций к дивергентной форме. Осреднение уравнений.
19. Тензор турбулентных касательных напряжений и турбулентные потоки других субстанций. Связь между турбулентными потоками и полями средних величин.
20. Характерные масштабы, безразмерные функции.
21. Приведение уравнения движения к безразмерному виду. Критерии подобия.
22. Классификация атмосферных движений. Спектр атмосферных движений.
23. Условия упрощения уравнений для стационарных, горизонтально-однородных, плоских течений.

24. Условия упрощения уравнений движения для свободной атмосферы, пограничного слоя и приземного слоя.
25. Упрощение уравнений движения в проекции на вертикальную ось.
26. Установившееся движение в свободной атмосфере в поле прямолинейных и круговых изобар.
27. Связь между скоростью движения по круговым изобарам и геострофической величиной ветра. Приближённые формулы при больших радиусах кривизны изобар.
28. Инерционные движения в поле силы Кориолиса и циклострофический ветер.
29. Связь между значениями горизонтального градиента давления на различных высотах.
30. Изменение геострофического ветра с высотой. Термический ветер.
31. Геострофическая адвекция температуры. Ее связь с изменением ветра по высоте.
32. Агеострофические отклонения в свободной атмосфере. Их связь с ускорением. Формирование вертикальных движений в свободной атмосфере за счет агеострофических отклонений.
33. Вихрь скорости относительный, переносный и абсолютный. Связь относительного вихря с полем давления.
34. Уравнение вихря. Факторы, приводящие к изменению относительного вихря. Условия сохранения абсолютного вихря.
35. Поверхности раздела в атмосфере. Типы разрывов. Примеры формирования поверхностей раздела.
36. Динамические и кинематические условия на поверхности раздела.
37. Ориентация поверхности раздела в пространстве. Связь ее наклона с полем давления.
38. Связь между наклоном поверхности раздела и разрывами параметров среды (скоростью ветра и температуры).
39. Связь между вертикальными скоростями в различных воздушных массах на поверхности раздела.
40. Анализ поля ветра и поля давления в области фронта.
41. Качественное описание возникновения гравитационных колебаний частицы воздуха в стратифицированной среде.
42. Качественное описание возникновения волновых движений в поле силы Кориолиса и барического градиента.
43. Основные параметры волн. Связь между ними.
44. Вывод уравнений движения и уравнения неразрывности для малых волновых возмущений.
45. Преобразования уравнения притока тепла для малых волновых отклонений.
46. Преобразование системы для волновых возмущений с использованием функции тока и потенциала скорости. Анализ факторов определяющих существование различных волн.
47. Принцип вывода дисперсионного уравнения (для высокочастотных волн).
48. Звуковые волны. Фильтрация звуковых волн.
49. Гравитационные волны. Частоты гравитационных волн.
50. Инерционные планетарные волны Россби. Их частота и фазовая скорость.
51. Средний глобальный перенос воздушных масс.
52. Пограничные слои в океане и в атмосфере. Постановка задачи Экмана для распределения скорости ветрового дрейфового течения в верхнем слое океана.
53. Интегрирование уравнений задачи Экмана. Спираль Экмана.
54. Распределение ветра с высотой в пограничном слое атмосферы.
55. Волны Кельвина.
56. Топографические волны.
57. Течение Свердруп.
58. Особенности динамики океанических течений у западных берегов.
59. Особенности динамики потоков в экваториальной зоне.
60. Неустойчивость гравитационных волн в среде с вертикальным сдвигом скорости.

61. Влияние меридионального сдвига скорости на устойчивость планетарных волн в зональном потоке.
62. Условия бароклинной неустойчивости. Простейшие критерии бароклинной неустойчивости.

### Образцы билетов к экзамену

#### Экзаменационный билет №2.

Российский государственный гидрометеорологический университет  
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы  
Курс Геофизическая гидродинамика

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

заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (А.Д. Кузнецов)

---

#### Экзаменационный билет №24

Российский государственный гидрометеорологический университет  
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы  
Курс Геофизическая гидродинамика

1. Изменение горизонтального градиента давления с высотой.
2. Динамические и кинематические условия на поверхности раздела.

заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (А.Д. Кузнецов)

---

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература:

1. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.
2. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 399 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=391608>

#### б) дополнительная литература:

1. Гандин Л.С., Лайхтман Д.Л., Матвеев Л.Т., Юдин М.И. Основы динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1955. [http://elibrshu.ru/files\\_books/pdf/img-214133121.pdf](http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-214133121.pdf)
2. Гаврилов А.С. и др. Задачник по динамической метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 166 с. [http://elibrshu.ru/files\\_books/pdf/img-213163549.pdf](http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-213163549.pdf)
3. Динамическая метеорология. // Под ред. Лайхтмана Д.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 607 с.
4. 7. Егоров К.Л., Еремина Н.С. Методические указания по дисциплине «Механика жидкости и газа. (Геофизическая гидродинамика)» (для заочной формы обучения) СПб.: РГГМУ, 2016. - 36 с.



[http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/rid\\_84cc0e73d57b4bda9ae56c0f6b7710fa.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_84cc0e73d57b4bda9ae56c0f6b7710fa.pdf)

**в) интернет-источники**

1. Электронный ресурс - Учебные ресурсы для сообщества Geoscience. Режим доступа: <https://www.meted.ucar.edu/>
2. Электронный ресурс - Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии/Лекции для аспирантов и студентов старших курсов метеорологических специальностей и научных работников. М.: ТРИАДА ЛТД, Москва, 2013. - 160 с. Режим доступа: <http://method.meteorf.ru/publ/books/lectures/lectures.pdf>
3. Электронный ресурс Program in Atmospheres, Oceans and Climat/ Режим доступа: <http://eaps-www.mit.edu/paoc/>

**г) программное обеспечение**

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

**д) профессиональные базы данных**

не используются

**е) информационные справочные системы:**

Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>

Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **7.1. Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Учебники и учебные пособия, приведенные в списке литературы.

Методическое обеспечение аудиторной работы – варианты тестовых и контрольных расчетных заданий.

Справочные и информационные материалы на сайте RSHU.

### **7.2. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Усвоение изучаемого материала проверяется в результате текущего контроля во время лекций (путем опросов), лабораторных занятий (по результатам тестирования и выполнения контрольных расчетных заданий). Оценки (в баллах) выставляются за все виды текущего контроля и мероприятий промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена, включающего ответ на два теоретических вопроса.

Итоговая оценка за период обучения (семестр) выставляется после прохождения промежуточной аттестации с использованием системы накопления баллов и учитывает результаты экзамена, текущей работы, выполнения тестовых заданий, контрольных расчетных работ, посещаемости занятий.

В итоговой оценке учитываются:

- результаты текущей работы на лабораторных занятиях, результаты выполнения домашних заданий;

- результаты выполнения контрольных мероприятий (тестов, расчетных заданий);

- посещаемость занятий;

- результаты экзамена.

## 8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1-10	<p><u>информационные технологии</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>проведение лекций-вебинаров</li> <li>организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</li> </ol> <p><u>образовательные технологии</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>интерактивное взаимодействие педагога и студента</li> <li>сочетание индивидуального и коллективного обучения</li> <li>проведение тестирования</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a></li> <li>Электронно-библиотечная система Знаниум <a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a></li> <li>Пакет Microsoft Office.</li> </ol>

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

- Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – специализированной (учебной) мебелью, доской, мультимедиа оборудованием.
- Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, доской.
- Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
- Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью.
- Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

## 10. 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.