



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра метеорологии и физики околоземного космического пространства



УТВЕРЖДАЮ
декан географического факультета
С.Ж. Вологжина
«10» июня 2019 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.Б.27 ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ГИДРОДИНАМИКА**

Направление подготовки **05.03.04 Гидрометеорология**

Тип образовательной программы **Академический бакалавриат**

Направленность (профиль) подготовки **Метеорология**

Квалификация выпускника - **БАКАЛАВР**

Форма обучения **очная, заочная**

Согласовано с УМК географического факультета

Протокол №6 от «10» июня 2019 г.
Председатель С.Ж. Вологжина

Рекомендовано кафедрой метеорологии и физики околоземного космического пространства:

Протокол №7 от «25» апреля 2019 г.
и.о.зав. кафедрой И.В. Латышева

Иркутск 2019 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ООП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	3
4. Объем дисциплины и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины	4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины	4
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	5
5.3 Разделы и темы дисциплины и виды занятий	5
5.4 Перечень лекционных занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов	6
6.1 План самостоятельной работы студентов	7
6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	10
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	12
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	12
а) основная литература	12
б) дополнительная литература	12
в) программное обеспечение	11
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	12
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	14
10. Образовательные технологии	14
11. Оценочные средства (ОС)	14

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель - ознакомить бакалавров с физической и математической постановкой задач описания различных видов атмосферных движений и современными математическими гидродинамическими моделями.

Основной задачей преподавания данной дисциплины является обучение бакалавров методике применения основных законов гидротермодинамики для объяснения динамики крупномасштабных процессов в атмосфере и гидросфере, а также методам применения этой теории для решения гидрометеорологических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Геофизическая гидродинамика» Б1.Б.27 включена в раздел Б1. (базовая часть) основной образовательной программы 05.03.04 «Гидрометеорология», направленность (профиль) «Метеорология». Данная дисциплина читается на 4 курсе, 7 семестр, на заочной форме на 4 курсе.

Для полного усвоения учебного материала по дисциплине «Геофизическая гидродинамика» студентам необходимо иметь базовые знания по «Математике» (Б1.Б.6), «Физике» (Б1.Б.9), «Кинематике жидкости и газа» (Б1.Б.16.1) и «Динамике жидкости и газа» (Б1.Б.16.2). Данный курс является предшествующим для изучения дисциплин «Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды» (Б1.Б.17), «Синоптическая метеорология» (Б1.В.ОД.7), «Численные методы анализа и прогноза погоды» (Б1.В.ОД.9).

Дисциплина изучается после усвоения дисциплин физико-математического цикла. Общая трудоёмкость дисциплины «Геофизическая гидродинамика» составляет 3 зачётных единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины «Геофизическая гидродинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в гидрометеорологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик
ОПК-2	владение базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии, биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в гидрометеорологии

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные законы, понятия и методы, составляющие предмет «Геофизическая гидродинамика»;
- возможности применения основных законов и методов гидродинамики для прогнозирования изменений погоды и климата, гидрологического режима рек и океанов, экологического состояния природной среды.

Уметь:

- применять основные законы физики и гидротермодинамики для описания динамики атмосферы и прогноза погоды;
- решать задачи, в которых определяются основные характеристики движения идеальной и вязкой жидкости;
- определять основные параметры движения акустических, гравитационных и погодообразующих волн.

Владеть:

- а) навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики;
- б) методами решения задач гидротермодинамики атмосферы;
- в) навыками математического моделирования атмосферных процессов.

Владеть основными компетенциями.**4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов (очное/ заочное)	Семестры(очное/заочное)			
		7 сем/ 4 курс			
Аудиторные занятия (всего)	42/14	42/14			
В том числе:					
Лекции	14/8	14/8			
Практические занятия (ПЗ)	28/4	28/4			
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР	1/2	1/2			
Самостоятельная работа (всего)	11/85	11/85			
В том числе:					
Контрольные работы	2/50	2/50			
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
1) Самостоятельные работы студентов (задаваемые на дом)	5/30	5/30			
2) Самостоятельное изучение отдельных вопросов дисциплины с последующим обсуждением наиболее сложных моментов со студентами и преподавателем	4/5	4/5			
Расчётные работы					
Вид промежуточной аттестации (зачет)					
(экзамен)	экзамен	экзамен			
Контактная работа (всего)	43/14	43/14			
Общая трудоемкость	часы	108/108	108/108		
зачётные единицы		3/3	3/3		

5. Содержание дисциплины:**5.1 Содержание разделов и тем дисциплины.****1. Введение.**

1.1 Предмет «Геофизическая гидродинамика». Определение, решаемые задачи, связь дисциплины с другими науками.

1.2 Специфика методов исследований, применяемых в геофизической гидродинамике.

2. Уравнения гидротермодинамики, применяемые к атмосферным движениям.

2.1 Термодинамика атмосферы.

2.2 Уравнения гидродинамики в применении к атмосферным движениям.

2.3 Вихревые движения в атмосфере. Теорема Кельвина. Завихренность и потенциальная завихренность. Теорема о потенциальном вихре. Спиральность, сохранение спиральности.

2.4 Методы теории подобия для планетарных атмосфер.

- 3. Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам динамической метеорологии.**
- 3.1 Состояние равновесия атмосферы. Модели атмосферы.
 - 3.2 Уравнения статики и примитивные уравнения. Изобарическая и изоэнтропическая системы координат.
 - 3.3 Уравнения мелкой воды: инерционно-гравитационные волны, законы сохранения массы, энергии, потенциального вихря и энстрофии, задача адаптации гидродинамических полей.
 - 3.4 Адиабатическое приближение. Адиабатические инварианты.
 - 3.5 Геострофическое и квазигеострофическое приближение. Вывод уравнения квазигеострофического потенциального вихря.
 - 3.6 Уравнение Чарни-Обухова.
 - 3.7 Характерные масштабы движений в атмосфере и определяющие параметры.
- 4. Энергетика атмосферы**
- 4.1 Основные виды энергии и их превращение в атмосфере Земли. Энергетический цикл.
 - 4.2 Понятие потенциальной, лабильной и доступной потенциальной энергии.
 - 4.3 Сохранение момента количества движения в атмосфере.
 - 4.4 Специфика атмосферной циркуляции в ячейках Ферреля и Хедли.
 - 4.5 Отличия крупномасштабных форм циркуляции в тропосфере, стратосфере и мезосфере.
- 5. Теория колебаний в атмосфере.**
- 5.1. Уравнения малых колебаний атмосферы на вращающейся сферической земле.
 - 5.2. Горизонтальная и вертикальная структура колебаний. Уравнение Лапласа в теории приливов.
 - 5.3. Акустические, гравитационные и инерционно-гравитационные волны.
 - 5.4. Волны Россби.
 - 5.5. Передача энергии волновыми движениями.
- 6. Гидродинамическая устойчивость движений.**
- 6.1 Определение и методы исследований устойчивости.
 - 6.2 Уравнение Релея. Необходимое условие неустойчивости.
 - 6.3 Критерий Ричардсона.
 - 6.4 Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.
 - 6.5 Баротропная и бароклинная неустойчивость. Задача Иди.
 - 6.6 Устойчивость течение в экмановских слоях атмосферы и океана.
- 7. Атмосферная конвекция.**
- 7.1 Конвективная устойчивость влажной насыщенной атмосферы.
 - 7.2 Конвективная неустойчивость Рэлея-Бернара.
 - 7.3 Свободная конвекция. Параметры подобия.
- 8. Геострофическая турбулентность.**
- 8.1 Понятие о турбулентности. Уравнение Рейнольдса. Законы Колмогорова и Обухова.
 - 8.2 Пограничный слой атмосферы. Теория Монина-Обухова.
 - 8.3 Квазидвумерная турбулентность.
- 9. Применение гидродинамики к задачам численного прогноза погоды и общей циркуляции атмосферы.**
- 9.1 Методы аппроксимации уравнение гидродинамики.
 - 9.2 Подсеточные масштабы движений и методы их параметризации.
 - 9.3 Вихреразрешающие модели.
 - 9.4 Малометрические модели баротропного и бароклинного движения.
 - 9.5 Мезомасштабные атмосферные модели (RAMS, MM5, WRF и др.).
 - 9.6 Предсказуемость движений различных масштабов.
 - 9.7 Понятие о численных моделях климата.
- 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Дисциплина «Геофизическая гидродинамика» завершает программу физико-математических дисциплин по направлению «Гидрология и природопользование»

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Лекц.	Практ. Занятия	КСР	СРС	Всего
1	Введение	2	1/0	0/0		1/0	2/0
2	Уравнения гидротермодинамики, применяемые к атмосферным движениям	1,2	1/1	4/0		1/10	5/11
3	Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам динамической метеорологии.	1 2 3 4	1/1 1/0 1/0 1/0	2/0 2/1 2/0	1/1	1/10	12/13
4	Энергетика атмосферы	3,4	1/1	4/1		1/12	6/14
5	Теория колебаний в атмосфере	3 4	1/0 1/1	2/0 2/0		1/12	5/13
6	Гидродинамическая устойчивость движений	1 2	1/1 1/0	2/1 1/0	1/1	1/11	7/14
7	Атмосферная конвекция	1	1/1	1/0		1/10	3/11
8	Геофизическая турбулентность	1	1/1	2/0 2/0		2/10	7/11
9	Применение гидродинамики к задачам численного прогноза погоды и общей циркуляции атмосферы	1,2,3,4	1/1	2/1		2/10	5/13
	Всего:		14/8	28/4	2/2	11/85	55/99

5.4 Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы) (очно/заочно)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Введение	ГИС «Метео» и ГИС «Океан»	1/0	Устный опрос. Тестирование.	ОПК-1 ОПК-2

		мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)			
2.	Уравнения гидротермодинамики, применяемые к атмосферным движениям	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	1/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
3.	Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам динамической метеорологии.	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	4/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
4.	Энергетика атмосферы	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	1/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
5.	Теория колебаний в атмосфере	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	2/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
6.	Гидродинамическая устойчивость движений	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	2/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
7.	Атмосферная конвекция	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	1/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
8.	Геострофическая турбулентность	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	1/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
9.	Применение гидродинамики к задачам численного прогноза погоды и общей циркуляции атмосферы	ГИС «Метео» и ГИС «Океан» мезомасштабные модели (ПЛ-АВ, Космо, GFS)	1/1	Устный опрос. Тестирование.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>
	Итого		14/8		

6. Перечень семинарских, практических занятий лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1 (1)	Предмет геофизическая гидродинамика.	0/0	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
2.	2 (1)	Решение задач по разделу «Термодинамика атмосферы».	4/0	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
3.	3 (5)	Вывод уравнения квазигеострофического планетарного вихря.	6/1	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
4.	4 (1,2)	Решение задач по определению количественных характеристик потенциальной, лабильной и доступной потенциальной энергии.	4/1	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
5.	5 (1-2)	Решение задач по разделам: Уравнения малых колебаний атмосферы на вращающейся сферической земле. Уравнение Лапласа в теории приливов.	4/0	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
6.	6 (3)	Определение численных значений числа Ричардсона.	3/1	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
7.	7 (3)	Определение параметров свободной конвекции.	1/0	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
8.	8 (2)	Определение характеристик турбулентности в пограничном слое атмосферы.	4/0	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
9	9 (5)	Определение параметров атмосферы по мезомасштабным атмосферным моделям (RAMS, MM5, WRF и др.).	2/1	Устный опрос Оценка в баллах	ОПК-1 ОПК-2
	Итого:		28/4		

6.1 План самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Вид самостоятельной работы и проверка задания	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
1	1 (1,2)	Описать специфические особенности объектов геофизической гидродинамики (вращение, стратификация, бароклинность).	Устный опрос	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/0
2	2 (3)	Описать методы теории подобия для планетарных атмосфер. Последующее обсуждение с преподавателем.	Самостоятельная домашняя работа	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/10
3	3 (6,7)	Описать характерные масштабы движений в атмосфере. Дискуссия по обсуждаемой проблеме.	Устный опрос	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/10
4	4 (5)	Отличия крупномасштабных форм циркуляции в тропосфере, стратосфере и мезосфере. Реферат с последующей проверкой преподавателем	Реферат	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/12
5	5 (5)	Передача энергии волновыми движениями. Последующее обсуждение с преподавателем.	Устный опрос	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/12
6	6 (4,5,6)	Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Баротропная и бароклинная неустойчивость. Устойчивость течения в экмановских слоях атмосферы и океана. Последующее обсуждение с преподавателем.	контрольная работа	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/11
7	7 (2)	Конвективная неустойчивость Рэлея-Бернара. Последующее обсуждение с преподавателем.	Устный опрос	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	1/10
8	8 (1)	Понятие о турбулентности. Уравнение Рейнольдса. Законы Колмогорова и Обухова. Последующее обсуждение с преподавателем.	Устный опрос	Основная: [1-4] Дополнительная: [1-7]	2/10
9	9 (6,7)	Предсказуемость движений различных масштабов.	Устный опрос.	Основная: [1-4] Дополнительная:	2/10

		Понятие о численных моделях климата. Последующее обсуждение с преподавателем.		[1-7]	
	Итого				11/85

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента (СРС) в течение учебного года контролируется графиком работы по семестрам, предусматривающим:

- формулирование проблемных вопросов;
- самостоятельное освоение отдельных тем дисциплины;
- решение задач;
- еженедельные консультации согласно утвержденному графику.

СРС является важной составляющей учебного процесса, целью которой является более глубокое освоение бакалаврами основных понятий, законов, методов, используемых в рамках изучаемой дисциплины.

СРС формирует способность бакалавров к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

СРС позволяет:

- сделать учебный процесс более насыщенным, продуктивным и разнообразным;
- способствует повышению интереса к избранной профессии метеоролога;
- позволяет бакалавру самостоятельно искать решение профессиональных вопросов;
- формирует у бакалавра дифференцированный подход к обучению.

СРС заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к семинарам, практическим работам, подготовке к зачету по дисциплине. Обсуждение доклада происходит в диалоговом режиме между бакалаврами, бакалаврами и преподавателем, но без его доминирования. Такая интерактивная технология обучения способствует развитию у бакалавров информационной коммуникативности, умений вести дискуссию, отстаивать свою позицию и аргументировать её, анализировать и синтезировать изучаемый материал, акцентировано представлять его аудитории.

ВИДЫ И ФОРМЫ СРС

Структурно самостоятельная работа бакалавра делится на две части:

- 1) организуемая преподавателем и четко описываемая в учебно-методическом комплексе;
- 2) самостоятельная работа, которую бакалавр организует по своему усмотрению, без непосредственного контроля со стороны преподавателя.

Формы СРС:

1. Конспектирование.
2. Реферирование литературы.
3. Аннотирование книг, статей.
4. Выполнение заданий поисково-исследовательского характера.
5. Работа с лекционным материалом: проработка конспекта лекций, работа на полях конспекта с терминами, дополнение конспекта материалами из рекомендованной литературы.

Виды СРС:

- познавательная деятельность во время основных аудиторных занятий;
- внеаудиторная самостоятельная работа бакалавров по выполнению домашних заданий учебного и творческого характера (в том числе с электронными ресурсами);
- самостоятельное овладение бакалаврами конкретных учебных модулей, предложенных для самостоятельного изучения;

- учебно-исследовательская работа;
- научно-исследовательская работа.

СРС с электронными ресурсами:

В аудиториях для самостоятельных компьютерных занятий с помощью обучающих программ, бакалавры дополняют свои занятия, полученные на лекциях и практических занятиях, а также проверяют свой уровень подготовки и сдают зачет.

Формы контроля СРС:

- выборочная проверка во время аудиторных занятий;
- составление аннотаций на прочитанный материал;
- составление схем, таблиц по прочитанному материалу;
- обзор литературы;
- реферирование литературы;
- подготовка конспекта;
- включение вопросов на контрольных работах, на зачете.

Этапы СРС:

1. Подбор рекомендуемой литературы.
2. Знакомство с вопросами, по которым нужно законспектировать литературу.
3. Составление схем и таблиц на основе изученной литературы.

Комплекс средств обучения при СРС:

- учебно-методический комплекс;
- дидактический материал;
- презентации;
- видеоматериалы;
- интернет-ресурсы.

ВИДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СРС

Виды самостоятельной работы	Форма проверки преподавателем
1. Конспектирование	Выборочная проверка в течение семестра (см. график контроля за самостоятельной работой)
2. Подготовка докладов и презентаций	Подготовка докладов с анализом литературных источников и применением современных компьютерных технологий (см. учебно-методические рекомендации по дисциплине)
3. Углубленный анализ научно-методической литературы	Собеседование по проработанной литературе в течение семестра (см. график контроля за самостоятельной работой бакалавров)
4. Дополнение конспекта лекций рекомендованной литературой	Предложение составить свой план в заключение каждой лекции

Для выполнения всех перечисленных самостоятельных работ бакалаврам предоставляется возможность использования одного из трех компьютерных классов (209, 324, 427 ауд.) во внеучебное время (предварительная запись у дежурных в классе, все компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду университета), фондов научной библиотеки, читальных залов Институтов академии наук (согласно заключенным с ними Договорами), фондов библиотеки Иркутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, индивидуальных консультаций с преподавателями факультета (согласно графику еженедельных консультаций).

7. Примерная тематика курсовых проектов (работ) при наличии

Выполнение курсовых работ учебным планом не предусмотрено.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики / А. С. Монин. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 424 с. (5 экз.).
2. Мордвинов В.И. Теория климата [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Мордвинов. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех".
3. Мордвинов В.И. Теория общей циркуляции атмосферы, изменчивость крупномасштабных движений: монография / В. И. Мордвинов, И. В. Латышева. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 193 с. (70 экз.)
4. Мордвинов В.И. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / В. И. Мордвинов, И. В. Латышева. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015. – 134 с. (50 экз)

б) дополнительная литература:

1. Гаврилов В.П. Физика Земли: учебник / В. П. Гаврилов ; Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. - М. : Недра-Бизнесцентр, 2008. - 287 с. (28 экз.)
2. Педлоски Джозеф Геофизическая гидродинамика: в 2 т. / Дж. Педлоски; пер. с англ. Г. М. Резника, Т. Б. Цыбаневой под ред. В. М. Каменковича, А. С. Моница. - М.: Мир , 1984. - 400 с. (2 экз.).
3. Баренблат Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика: теория и приложения к геофизической гидродинамике / Г. И. Баренблат. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 255 с. (2 экз.)
4. Иванов Б.Н. Мир физической гидродинамики: от проблем турбулентности до физики космоса / Б.Н. Иванов. - М. : Едиториал УРСС, 2002. - 239 с. : ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 234-239. (1 экз.).
5. Козлов В.Ф. Избранные труды / В. Ф. Козлов. - М.; Ижевск: Регуляр. и хаотич. динамика: Ин-т компьютер. исслед., 2006. - 706 с. (2 экз.)
6. Самельсон Рождер М Лагранжев перенос в геофизических струях и волнах. Подход на основе теории динамических систем / Р. М. Самельсон, С. Виггинс; ред. М. А. Соколовский; пер. с англ. О. И. Яковенко. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика: Ин-т компьютер. исслед., 2009. - 192 с. (1 экз.).
7. Теория мезомасштабной турбулентности. Вихри атмосферы и океана / С. А. Арсеньев [и др.]; ред. Г. С. Голицын. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика: Ин-т компьютер. исслед., 2010. - 307 с. (1 экз.).

в) программное обеспечение

- Microsoft Imagine Premium - Сублицензионный договор № 03-015-16 от 21.11.2016 г.
- STADIA – Лицензионный паспорт № 1442 от 21.03.2008 г.
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition – Лицензия № 1B08161103014721370444 от 03.11.2016 г. – 27 экз.
- УПРЗА «Эколог» вер. 3.0 вариант «Базовый» - Microsoft Imagine Premium - Сублицензионный договор № 03-015-16 от 21.11.2016 г.
- Программное обеспечение: геоинформационные системы ГИС «Метео» и ГИС «Океан» Электронный ключ № 1 от 23.03.2018 г.
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition – Лицензия № 1B08161103014721370444 от 03.11.2016 г. – 27 экз.
- ScanEx Image Processor – Лицензионный договор № 1968 от 23.12.2014 г. – 10 экз.
- ГИС «Океан – 2010» - Договор № 12-ПО/1 от 03.07.2012 г.

2) базы данных, информационно–справочные и поисковые системы

1. Агентство атмосферных технологий – <http://www.attech.ru/mainr.htm>,
2. Агрофизический НИИ Россельхозакадемии – <http://www.agrophys.ru/Labagroclimate-stuff>,
3. Архив спутниковых данных облачного покрова Прибайкалья и Иркутской области Института солнечно-земной физики СО РАН – iszf.irk.ru,
4. Венский институт геодинамики, концептуальные модели синоптических спутниковых систем, теория и описание отдельных случаев – <http://www.zamg.ac.at>,
5. Всё о погоде – <http://www.vseopogode.com>,
6. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологический институт – мировой центр данных (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД») - <http://www.meteo.ru>,
7. Всемирная Метеорологическая Организация – широкий спектр материалов и данных об изменениях климата – www.wmo.ch,
8. Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ) – <http://cxm.obninsk.org/>, www.agromet.ru,
9. Данные МИСЗ ГОЕС – <http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/monitoring/satellite/goes>,
10. Данные об аномалии уровня морской поверхности, абсолютной динамической топографии, волнения ветра, течения – <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> (содержатся океанографические данные – <http://www.aviso.oceanobs.com/en/data/products.html>),
11. Данные Терра, Аква – <http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/monitoring/satellite/airs>
12. Единое окно доступа к информационным ресурсам – <http://window.edu.ru/resource/878/71878> (доступ свободный),
13. Методический кабинет Гидрометцентра России – <http://metod.hydromet.ru>,
14. Мировой центр данных США (метеорология) – <http://www.gosic.org/wdcmnet> Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. - <http://mnr.gov.ru>,
15. МИСЗ высокого разрешения «Терра», «Аква», 36 каналов, разрешение от 250 до 4 км – <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/production>,
16. Научно-исследовательский Центр мониторинга Земли из Космоса – <http://ntzomz.ru>,
17. Национальный портал «Природа России» Национального информационного агентства «Природные ресурсы» (НИА-Природа). – <http://www.priroda.ru>,
18. Немецкая страница погоды с данными МИСЗ – <http://wetter-zentrale.de/topkarten>,
19. официальный сайт Центральной научной сельскохозяйственной библиотеки Россельхозакадемии – www.cnshb.ru,
20. Одесский государственный экологический университет (ОГЭКУ), - www.ogmi.farlep.odessa.ua/,
21. Российский государственный гидрометеорологический университет - - <http://www.rshu.ru/>,
22. Российский национальный комитет содействия Программе ООН по окружающей среде (НП «ЮНЕПКОМ») – <http://www.unepcom.ru/>,
23. Российский метеорологический консорциум – rmc.mecom.ru,
24. официальный сайт «Авиаметтелекома» Росгидромета – <http://metavia2.ru>,
25. Сайт европейской организации метеорологических спутниковых исследований и оперативного обеспечения информацией – <http://www.eumetsat.int>,
26. Сайт Института космических исследований РАН – <http://smis.iki.ru>,
27. Сайт ФГБУ «Гидрометцентр России» – <http://meteoinfo.ru/>,
28. Сайт фирмы «МЭП Мейкер» - www.mapmak.mecom.ru,
29. Сайт с библиотекой материалов о влиянии изменений климата на флору, фауну и экосистемы в целом – www.pacinst.org,
30. Секретариат Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК), архив документов и решений органов конвенции – www.unfccc.int,

31. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). - www.meteorf.ru,
32. Федеральное агентство водных ресурсов. – <http://voda.mnr.gov.ru>,
33. сайты для пилотов – <http://www.avbrief.com/>, <http://www.ais.org.uk/aes/en>,
34. немецкий сайт, страница погоды с данными – <http://wetter-zentrale.de/topkarten>,
35. описание концептуальных моделей синоптических ситуаций –<http://www.zamg.ac.at>,
Электронная библиотека ФГБУ «Гидрометцентр России». WEB ИРБИС <http://lib-hmc.meteocom.ru/spa.html>,
37. Электронно-библиотечная система «ЭБС Юрайт».

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Освоение дисциплины «Геофизическая гидродинамика» предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети ИГУ и находятся в едином домене.

- 1) Библиотечный фонд ИГУ;
- 2) Дисплейный класс.

10. Образовательные технологии

В рамках лекционных занятий для обеспечения функций наглядности используется соответствующий тематике занятия иллюстрационный материал, переведенный в электронный формат и оформленный в виде презентаций. Для демонстрации данных презентаций бакалавры могут использовать возможности компьютерного класса с выходом в интернет. Для проведения практических работ используется программа ГИС «Океан» и ГИС «Метео».

11. Оценочные средства (ОС)

11.1 Оценочные средства текущего контроля – тесты, контрольные работы, контроль выполнения практических работ. Собеседование с каждым студентом по выполненной работе с целью выяснения самостоятельности и качества усвоения материала. Консультации по отдельным вопросам.

11.2 Оценочные средства для самоконтроля обучающихся – проверка рефератов, собеседования, консультации. Проверка выполнения самостоятельной работы осуществляется согласно графику контроля.

11.3 В начале каждой лекции проводится экспресс-опрос по пройденному материалу. Опрос затрагивает всех студентов без исключения. Заранее подготовленная схема позволяет экспресс-опрос проводить в течение не более 15 мин. Для закрепления теоретического материала студенты регулярно выполняют контрольные и практические работы. Результаты самостоятельных работ и экспресс-опроса фиксируются в журнале преподавателя и в электронном виде, что является основанием для отслеживания успеваемости студентов. Положительное выполнение указанных пунктов – необходимое условие для допуска к зачету.

Программа оценивания контролируемой компетенции:

Раздел/ Тема	Формируемые компетенции	ОС	Содержание задания
Введение	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение практических заданий.
Уравнения гидротермодинамики, применяемые к атмосферным движениям	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение практических заданий.
Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам динамической метеорологии.	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, заслушать презентации и устные доклады, обсудить решение практических заданий.
Энергетика атмосферы	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, заслушать презентации и устные доклады, обсудить решение практических заданий.
Теория колебаний в атмосфере	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение практических заданий.
Гидродинамическая устойчивость движений	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, заслушать презентации и устные доклады.
Атмосферная конвекция	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии

			проблемные вопросы по изученному разделу, заслушать презентации и устные доклады.
Геострофическая турбулентность	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>	С, УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, заслушать презентации и устные доклады, обсудить решение практических заданий.
Применение гидродинамики к задачам численного прогноза погоды и общей циркуляции атмосферы	<i>ОПК-1</i> <i>ОПК-2</i>		Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, заслушать презентации и устные доклады, обсудить решение практических заданий.

Примечание:

УО – устный опрос (собеседование)

П – практическая работа

С – собеседование

Критерии оценки текущей успеваемости

применяется балльная система:

№ п/п	Вид учебной деятельности	Баллы	Максимум за семестр
1	Ведение конспекта лекции и работа с ним	1	1
2	Обсуждение проблемных вопросов	0-5	5
3	Решение практических заданий	0-5	5
4	Премиальные баллы (посещение, активность, эрудированность, заинтересованность)	0-5	5

Тематика заданий для самостоятельной работы

1. Методы теории подобия для планетарных атмосфер.
2. Характерные масштабы движений в атмосфере.
3. Особенности крупномасштабных форм циркуляции в тропосфере, стратосфере и мезосфере.
4. Режим циркуляции Россби и режим циркуляции Гадлея.
5. Передача энергии волновыми движениями.
6. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.
7. Баротропная и бароклинная неустойчивость.
8. Устойчивость течения в экмановских слоях атмосферы и океана.
9. Конвективная неустойчивость Рэля-Бернара.
10. Понятие о турбулентности.
11. Уравнение Рейнольдса.
12. Законы Колмогорова и Обухова.

13. Циркуляция планетных атмосфер.
14. Предсказуемость движений различных масштабов.
15. Понятие о численных моделях климата.
16. Современные трехмерные модели общей циркуляции атмосферы.

Примерный перечень вопросов к промежуточной аттестации

- 1) Особенности течений, изучаемых геофизической гидродинамикой.
- 2) Квазигеострофическое приближение уравнения состояния потенциального вихря.
- 3) Инварианты движений.
- 4) Сингулярный вихрь Геольмгольца.
- 5) Сингулярный вихрь Обухова.
- 6) Геофизические пограничные слои.
- 7) Пограничный слой Экмана.
- 8) Понятие автомодельности и самоподобия в геофизической гидродинамике.
- 9) Специфика атмосферной турбулентности.
- 10) Резонансные взаимодействия волн Россби.
- 11) Количество энергии, получаемое Землей.
- 12) Общая циркуляция атмосферы и океана.
- 13) Уравнение состояния.
- 14) Вращающаяся система координат.
- 15) Ускорение Кориолиса и число Россби.
- 16) Уравнения движения во вращающейся системе отсчета.
- 17) Уравнение для внутренней энергии.
- 18) Уравнения геофизической гидродинамики.
- 19) Замкнутая система уравнений гидротермодинамики. Граничные условия.
- 20) Упрощенные модели климата.
- 21) Численные модели общей циркуляции атмосферы.
- 22) Трехмерные численные модели климата.
- 23) Турбулентность в стратифицированных средах.
- 24) Геострофическая турбулентность.
- 25) Волны Россби-Блиновой.
- 26) Системы гидродинамического типа.
- 27) Неустойчивость течений идеальной жидкости.
- 28) Малые колебания.
- 29) Баротропная неустойчивость.
- 30) Бароклинная неустойчивость.
- 31) Основные уравнения для математической модели системы «атмосфера-океан-суша».

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Основные уравнения геофизической гидродинамики.
2. Циркуляционная теорема Кельвина.
3. Потенциальный вихрь стратифицированной несжимаемой жидкости.
4. Интеграл спиральности.
5. Изэнтропическое движение сжимаемой жидкости.
6. Теорема Кельвина.
7. Потенциальный вихрь Россби-Обухова в теории «мелкой воды».
8. Основные особенности вихревой динамики баротропной жидкости.
9. Отличительные особенности бароклинной жидкости.
10. Уравнения движения вращающейся жидкости.
11. Невязкие геофизические течения.
12. Базис Обухова-Чарни.

13. Фундаментальные свойства крупномасштабной динамики идеальной вращающейся жидкости.
14. Фундаментальные свойства геофизических течений.
15. Теорема Праудмена-Тейлора.
16. Квазигеострофическое приближение уравнения состояния потенциального вихря.
17. Уравнение сохранения потенциальной температуры.
18. Фундаментальные инварианты движения.
19. Волны Россби (Россби-Гаурвица).
20. Специфика «коротких» и «длинных» планетарных волн.
21. Солитоны Россби.
22. Групповая скорость волн Россби. Меридиональная и зональная составляющие.
23. Резонансное взаимодействие планетарных волн.
24. Геострофический вихрь Обухова.
25. Равновесное состояние вращающейся бароклинной среды.
26. Частота Вайсела-Брента для бароклинного газа (атмосфера) и расслоенной жидкости (океан).
27. Квазигеострофическое приближение уравнений движения бароклинной жидкости.
28. Уравнение сохранения потенциального вихря.
29. Закон сохранения энергии и понятие доступной потенциальной энергии.
30. Бароклинные волны Россби.
31. Формула геострофического ветра в p -координатах.
32. Гидродинамическая трактовка уравнений Обербека-Буссинеска движения несжимаемой стратифицированной жидкости в поле сил тяжести.
33. Число Россби.
34. Геострофический потенциальный вихрь.
35. Метод нормальных мод.
36. Устойчивость зональных течений баротропной атмосферы.
37. Механизм баротропной неустойчивости.
38. Понятие бароклинной неустойчивости. Модель Иди.
39. Теорема Чарни-Стерна.
40. Перенос тепла в сжимаемой и несжимаемой жидкости.
41. Новая трактовка результатов линейной теории устойчивости течения Колмогорова.
42. Нелинейная теория устойчивости квазидвумерных сдвиговых течений.
43. Эволюция главных компонент глобальных геофизических течений – вертикальной завихренности и термического ветра.
44. Диссипация кинетической энергии в геофизических гидродинамических системах.
45. Локально однородные и изотропные случайные поля и их статистическое описание.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме экзамена или зачета).

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	проверочная работа	Вывод уравнения квазигеострофического потенциального вихря	ОПК-1 ОПК-2

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется бакалавру, если основной материал усвоен, бакалавр приобрел необходимые знания и умения;
- оценка «не зачтено» - если основной материал усвоен недостаточно, бакалавр не приобрел необходимых знаний и умений.

Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины Б1.Б.27 Геофизическая гидродинамика


Результат диагностики сформированности компетенций	Показатели	Критерии	Соответствие/ несоответствие	экзамен
ОПК-1	Владеет базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в гидрометеорологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик	Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Выполнены все практические работы.	Соответствие	Сдан
		Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Практические работы не выполнены.	Несоответствие	Не сдан
ОПК-2	Владеет базовыми знаниями в области фундаментальных разделов физики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в гидрометеорологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик	Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Выполнены все практические работы.	Соответствие	Сдан
		Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Практические работы не выполнены.	Несоответствие	Не сдан

Демонстрационные варианты задач:

1. Покажите, что завихренность в точке x равна удвоенной угловой скорости локального вращения жидкости в точке x .

2. Выведите локальный закон сохранения энергии непосредственно из уравнения движения.
3. Почему неоднородная по плотности баротропная жидкость не может быть сжимаемой?
4. Покажите путем прямых вычислений, что величина $\frac{\Omega_z}{H}$ является лагранжевым инвариантом для уравнения движения мелкой воды.
5. При подъеме ненасыщенного влажного воздуха потенциальная температура частицы остается постоянной ($T=300$ К). Каково изменение температуры частицы и приток тепла к 1 кг воздуха на каждые 200 м подъема? Как изменяется с высотой относительная влажность в данной частице? Принять $\frac{T}{T} \approx 1$.
- 6) У поверхности Земли геострофический ветер имеет восточное направление со скоростью 5 м/с, а на высоте 500 гПа (5км) ветер - южный. Изогипсы OT_{1000}^{500} ориентированы в широтном направлении. Найти ветер и геострофическую адвекцию температуры на высоте изобарической поверхности 500 гПа на широте г. Иркутска, если средняя температура слоя 260 К, горизонтальный градиент температуры с высотой не изменяется.
- 7) Горизонтальный градиент давления у поверхности Земли на широте г. Иркутска равен 1 гПа/100 км и направлен на север. Реальный ветер составляет с направлением градиента давления (направленного в сторону возрастания давления) 60° и равен 10 м/с. Определить величину и направление ускорения, а также изменение модуля скорости воздушного потока.
- 8) Постройте годограф горизонтальной скорости ветра в пределах слоя Экмана и покажите, что с высотой ветер поворачивается на 45° . В каком направлении происходит поворот?

Разработчик:



 (подпись)

доцент

 (занимаемая должность)

Р.В. Васильев

 (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры метеорологии и физики околоземного космического пространства

«25» апреля 2019 г. Протокол № 7

И.о.зав. кафедрой И.В. Латышева

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.