

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа дисциплины

ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 Прикладная гидрометеорология

Направленность (профиль)

Прикладная океанология

Уровень:

Бакалавриат

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

Царёв В. А. Царёв В. А.

Председатель УМС
И.И. Палкин И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
19 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
11 мая 2021 г., протокол № 9
Зав. кафедрой Кузнецов А. Д.

Авторы-разработчики:
Ерёмина Н.С. Ерёмина Н.С.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины «Динамическая метеорология» –подготовка бакалавров прикладной гидрометеорологии, обучающихся по профилю прикладная океанология, владеющих знаниями в объеме, необходимом для понимания основных процессов, протекающих как в атмосфере, так и при ее взаимодействии с океаном, а также для более успешного изучения физики океана, динамики океана, морских прогнозов и ряда прикладных океанологических дисциплин.

Задачи: освоение студентами

- теоретических основ термодинамики и динамики атмосферы;
- практических приемов анализа развития основных термодинамических и динамических процессов в атмосфере.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Динамическая метеорология» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения данной дисциплины обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Механика жидкости и газа (гидромеханика)», «Физика атмосферы».

Параллельно с дисциплиной «Динамическая метеорология» изучаются «Физика океана», «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Химия океана».

Дисциплина «Динамическая метеорология» является базовой для освоения сопутствующих дисциплин, например «Синоптической метеорологии», «Климатологии», «Динамики океана» и других.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ПК-3; ПК-4.

Профессиональные компетенции

Таблица 1.

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-3 Способен обеспечить проведение наблюдений и измерений гидрофизических, гидрохимических и метеорологических характеристик.	ПК-3.1 Применяет стандартные методы определения гидрофизических, гидрохимических и метеорологических характеристик.	<i>Знать:</i> – Основные динамические и термодинамические характеристики; – Основные характеристики атмосферной турбулентности. <i>Уметь:</i> – Количественно и качественно оценивать основные термодинамические, динамические характеристики и характеристики турбулентности;

ПК-4 Способен анализировать гидрофизические, гидродинамические и гидрохимические процессы, происходящие в морях и океанах, и их взаимосвязь с атмосферными процессами и процессами в водах суши.	ПК-3.2. Приводит описание методов и технических средств наблюдения и измерения гидрофизических, гидрохимических и метеорологических характеристик. ПК-4.1 Оценивает пространственно-временную изменчивость гидрофизических, гидродинамических и гидрохимических процессов, происходящих в морях и океанах, и их взаимосвязь с атмосферными процессами, процессами в водах суши и антропогенным воздействием.	<i>Владеть:</i> – Основными инструментами количественной и качественной оценки термодинамических и динамических характеристик и характеристик турбулентности среды. – <i>Знать:</i> Основы динамики и термодинамики атмосферы; – Основы теории атмосферной турбулентности. <i>Уметь:</i> – Количественно и качественно оценивать основные термодинамические и динамические атмосферные процессы. <i>Владеть:</i> – Знаниями о перспективных направлениях развития изучения динамики и термодинамики атмосферы. <i>Знать:</i> – Современные модели планетарного пограничного и приземного слоя атмосферы; – Основные горизонтально-неоднородные процессы в ППС. <i>Уметь:</i> – Оценивать и анализировать особенности процессов в различных слоях атмосферы и при различных физических условиях. <i>Владеть:</i> – Навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля-атмосфера.
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 2.

Объём дисциплины	Всего часов 2021 год набора	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоёмкость дисциплины	144 часа	144 часа
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	56	16
в том числе:		
лекции	28	8
практические занятия	28	8
лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	88	128
в том числе:		
курсовая работа	-	-
контрольная работа	-	+
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Экзамен	Экзамен

4.1. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины для очной формы обучения.

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Общие инструменты и принципы динамической метеоро-	5	2	2	8	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам	ПК-3	ПК-3.1

	рологии					контрольного расчетного за- дания		
2	Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы	5	2	2	8	Опрос студентов по теоретическому материалу	ПК-3	ПК-3.1
3	Замкнутая система уравнений для турбулентной атмосферы	5	2	2	10	Опрос студентов по теоретическому материалу	ПК-3	ПК-3.1
4	Динамика и термодинамика свободной атмосферы	5	4	6	14	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.2
5	Планетарный пограничный (ППС) и приземный (ПС) слои атмосферы	5	8	10	20	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-4	ПК-4.1
6	Процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	5	6	6	16	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-4	ПК-4.1
7	Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном	5	4	0	12	Опрос студентов по теоретическому материалу	ПК-4	ПК-4.1
	Итого		28	28	88			

Таблица 4. Структура дисциплины для заочной формы обучения.

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Общие инструменты и принципы динамической метеорологии	6	1	0	10	Задания в контрольной работе	ПК-3	ПК-3.1
2	Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы	6	1	0	14	Опрос студентов по теоретическому материалу	ПК-3	ПК-3.1
3	Замкнутая система уравнений для турбулентной атмосферы	6	1	0	18	Опрос студентов по теоретическому материалу	ПК-3	ПК-3.1
4	Динамика и термодинамика свободной атмосферы	6	2	4	24	Задания в контрольной работе	ПК-3	ПК-3.2
5	Планетарный пограничный (ППС) и приземный (ПС) слои атмосферы	6	2	4	28	Задания в контрольной работе	ПК-4	ПК-4.1
6	Процессы над	6	1	0	20	Опрос студентов по тео-	ПК-4	ПК-4.1

	горизонтально-неоднородной поверхностью					ретическому материалу		
7	Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном	6	0	0	14	Опрос студентов по теоретическому материалу	ПК-4	ПК-4.1
	Итого		8	8	128			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Общие принципы и инструменты динамической метеорологии

Лагранжево и Эйлерово описание движения. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных. Ламинарное и турбулентное движение. Дифференциальные характеристики метеорологических полей. Теория подобия и анализ размерностей.

4.2.2 Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы

Уравнения состояния, движения, неразрывности, притока тепла и водяного пара. Силы, действующие в атмосфере. Притоки тепла и водяного пара.

4.2.3 Замкнутая система уравнения для турбулентной атмосферы

Спектры метеорологических характеристик. Аксиомы осреднения. Осреднение уравнений. Различные подходы к замыканию системы уравнений. Полуэмпирическая теория турбулентности. Замкнутая система уравнений. Упрощение уравнений. Классификация атмосферных движений и процессов.

4.2.4 Динамика и термодинамика свободной атмосферы

Термодинамические процессы в сухом и влажном воздухе. Условия вертикальной статической устойчивости. Уровень конвекции.

Геопотенциал. Карты барической топографии. Геострофический и градиентный ветер. Изменение геострофического ветра с высотой – термический ветер. Геострофическая адвекция температуры.

Поверхности раздела. Волны в атмосфере. Волны Россби.

4.2.5 Планетарный пограничный (ППС) и приземный (ПС) слои атмосферы

Особенности метеорологических процессов в ППС и ПС. Особенности ППС и ПС над водной поверхностью. Замкнутая система уравнений для ППС. Модели стационарного и горизонтально-однородного ППС и ПС (модель с априорным заданием коэффициента турбулентности для ППС и модель, основанная на теории подобия, для ПС).

4.2.6. Процессы над горизонтально-неоднородной подстилающей поверхностью

Трансформация полей температуры и влажности. Местные ветры, возникающие на границе раздела «вода-суша»: бризы и муссоны.

4.2.7. Энергетика атмосферы. Основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) и ее взаимодействия с океаном.

Основные виды энергии в атмосфере и уравнения баланса для них. Замкнутый цикл преобразования видов энергии. Основы ОЦА. Основы взаимодействия океана и атмосферы.

4.3. Содержание занятий семинарского типа

Содержание практических занятий для очной формы обучения

Таблица 5.

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Дифференциальные характеристики метеорологических полей. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных.	2	2
1	Практическое применение теории подобия и анализа размерностей	2	2
4	Геопотенциал. Карты барической топографии.	2	2
4	Геострофический и градиентный ветер	2	2
4	Изменение геострофического ветра с высотой (термический ветер). Геострофическая адвекция температуры.	3	3
4	Анализ поля давления и ветра в области фронта. Угол наклона поверхности раздела к плоскости горизонта	3	3
4	Волны Россби.	2	2
5	Определение верхней границы ППС. Определение среднего в ППС коэффициента турбулентности по результатам зондирования атмосферы	2	2
5	Определение среднего в ППС коэффициента турбулентности на основании уравнения баланса удельной кинетической энергии турбулентности	2	2

5	Расчет характеристик в стационарном, горизонтально-однородном ППС с априорно заданным профилем коэффициента турбулентности	2	2
5	Определение турбулентных потоков свойств в ПС на основании модели Монино-Обухова. Вертикальные профили метеоэлементов в ПС при безразличной стратификации и при стратификации, близкой к безразличной	3	3
6	Трансформация полей температуры и влажности над неоднородной подстилающей поверхностью. Расчет вертикальных турбулентных потоков тепла и водяного пара в условиях трансформации	3	3

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

Таблица 6.

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Дифференциальные характеристики метеорологических полей. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных.	0.5	0.5
1	Практическое применение теории подобия и анализа размерностей	0.5	0.5
4	Геопотенциал. Карты барической топографии.	0.5	0.5
4	Геострофический и градиентный ветер	0.5	0.5
4	Изменение геострофического ветра с высотой (термический ветер). Геострофическая адвекция температуры.	1	1
4	Анализ поля давления и ветра в области фронта. Угол наклона поверхности раздела к плоскости горизонта	1	1
4	Волны Россби.	0.5	0.5
5	Определение верхней границы ППС. Определение среднего в ППС коэффициента турбулентности по результатам зондирования атмосферы	0.5	0.5
5	Определение среднего в ППС коэффициента турбулентности на основании уравнения баланса удельной кинетической энергии турбулентности	0.5	0.5
5	Расчет характеристик в стационарном, горизонтально-однородном ППС с априорно заданным профилем коэффициента турбулентности	0.5	0.5

5	Определение турбулентных потоков свойств в ПС на основании модели Мони́на-Обухова. Вертикальные профили метеоэлементов в ПС при безразличной стратификации и при стратификации, близкой к безразличной	1	1
6	Трансформация полей температуры и влажности над неоднородной подстилающей поверхностью. Расчет вертикальных турбулентных потоков тепла и водяного пара в условиях трансформации	1	1

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. Дополнительно к лекционным и практическим занятиям студент может использовать консультации с преподавателем, в том числе в удаленном доступе (Интернет).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 36
- максимальное количество баллов за посещение лекционных и практических занятий - 14
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 50

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен**.

Форма проведения экзамена: устно по билетам.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену :

ПК-3.1:

1. Связь индивидуальной, локальной и конвективной производных.
2. Уравнение неразрывности.
3. Уравнение состояния.
4. Уравнение притока тепла (I начало термодинамики).
5. Массовые силы, действующие в атмосфере.
6. Поверхностные силы, действующие в атмосфере.
7. Потоки и притоки тепла и водяного пара в ламинарной атмосфере.
8. Понятие об атмосферной турбулентности. Осреднение уравнений.
9. Турбулентные потоки и притоки свойств.
10. Замыкание системы осредненных уравнений для турбулентной атмосферы.
11. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Приток энергии турбулентности за счет сдвига среднего потока.
12. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Приток энергии турбулентности за счет действия силы Архимеда.
13. Уравнение баланса кинетической энергии турбулентности. Диссипация и диффузия энергии турбулентности.

ПК-3.2:

14. Геопотенциал.
15. Условия вертикальной статической устойчивости.
16. Основное уравнение статики атмосферы.
17. Упрощение уравнений на основании теории подобия. Условие стационарности атмосферных движений.
18. Упрощение уравнений на основании теории подобия. Условие горизонтальной однородности атмосферных движений.
19. Упрощение уравнений на основании теории подобия. Условия, позволяющие рассматривать атмосферные движения как плоские и не учитывать силу трения.
20. Геоострофический ветер.
21. Градиентный ветер.
22. Термический ветер.
23. Изменение геоострофического ветра с высотой при различном соотношении между направлениями горизонтальных градиентов давления и температуры.
24. Геоострофическая адвекция температуры.

ПК-4.1:

25. Общая постановка задачи о строении ППС атмосферы.
26. Модель стационарного, горизонтально-однородного ПС (упрощение модели стационарного, горизонтально-однородного ППС для малых Z).
27. Модель ПС, основанная на теории подобия.
28. Профили метеоэлементов в ПС при безразличной стратификации.
29. Профили метеоэлементов в ПС при стратификации, близкой к безразличной.
30. Профили метеоэлементов в ПС при предельно неустойчивом состоянии (режим свободной конвекции) .
31. Профили метеоэлементов в ПС при предельно устойчивом состоянии (режим глубокой инверсии).
32. Обобщение модели ПС на случай учета стратификации влажности.
33. Модель стационарного, горизонтально-однородного ППС с априорно заданным профилем коэффициента турбулентности.
34. Распределение ветра с высотой в Экмановском погранслое.
35. Распределение с высотой температуры и влажности в Экмановском погранслое.
36. Определение коэффициента турбулентности по аэрологическим наблюдениям.
37. Определение коэффициента турбулентности из замкнутой системы уравнений для ППС на основании уравнения баланса кинетической энергии турбулентности.
38. Определение верхней границы ППС как уровня, на котором ветер впервые совпадает с геоострофическим: а) по направлению; б) по модулю.
39. Определение верхней границы ППС как уровня, на котором: а) ветер впервые достигает экстремального значения; б) относительное отклонение ветра от геоострофического не превышает заданной малой величины.
40. Определение вертикальной скорости на верхней границе ППС.
41. Теоремы о циркуляции. Качественное объяснение образования бризов.
42. Теоремы о циркуляции. Качественное объяснение образования муссонов.
43. Анализ полей давления и ветра в области фронта. Формула Маргулиса.
44. Волны Россби.
45. Трансформация полей метеоэлементов над неоднородной подстилающей поверхностью.
46. Уравнение баланса для основных видов энергии в атмосфере

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Распределение баллов по видам учебной работы

Таблица 7.

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных и практических занятий	14
Контрольное расчётное задание «Связь между индивидуальной и локальной производными по времени»	6
Контрольное расчётное задание «Геопотенциал»	6
Контрольное расчётное задание «Термический ветер и геострофическая адвекция температуры»	6
Контрольное расчётное задание «Расчет характеристик в ППС на основании интегральной модели»	6
Контрольное расчётное задание «Турбулентные потоки свойств в ПС»	6
Контрольное расчётное задание «Вертикальные профили метеорологических элементов в ПС при различной стратификации»	6
Промежуточная аттестация	50
ИТОГО	100

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Таблица 8.

Оценка	Баллы
Отлично	90-100
Хорошо	80-89
Удовлетворительно	70-79
Неудовлетворительно	0-69

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

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.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Русин И.Н. Динамическая метеорология. (ознакомительный курс). Курс лекций. Санкт-Петербург. РГГМУ. 2008 г. – 274 с.
2. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.
3. Динамическая метеорология для океанологов. В. М. Радикович. Л.: ЛПИ им. М. И. Калинина, 1985. – 157 с. http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-213174722.pdf
4. Ерёмин Н.С. Методические указания по дисциплине «Динамическая метеорология» для высших учебных заведений. Направление подготовки 05.03.05. — Прикладная гидрометеорология. Профиль подготовки — Прикладная океанология. — СПб.: РГГМУ, 2016. — 16 с http://elibrshu.ru/files_books/pdf/rid_7bff377034fa488c88077326174faea6.pdf

Дополнительная литература

1. Клемин, В. В. Динамика атмосферы: учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Гидрометеорология" и специальностям "Метеорология" и "Метеорология специального назначения" / Воен.-косм. акад. им. А. Ф. Можайского; В. В. Клёмин, Ю. В. Кулешов, С. С. Суворов, Ю. Н. Волконский; [под общ. ред. С. С. Суворова и В. В. Клёмина]. - Санкт-Петербург: Наука, 2013. – 420 с.
2. Динамическая метеорология. // Под ред. Лайхтмана Д.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 607 с.
3. 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
4. Гаврилов А.С. и др. Задачник по динамической метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 166 с. http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-213163549.pdf

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Учебные ресурсы для сообщества Geoscience. Режим доступа: <https://www.meted.ucar.edu/>
2. 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.meteor.ru/publ/books/lectures/lectures.pdf>
3. Program in Atmospheres, Oceans and Climat. Режим доступа: <http://eaps-www.mit.edu/paoc/>

8.3. Перечень программного обеспечения

1. windows 7 48130165 21.02.2011
2. office 2010 49671955 01.02.2012

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. Электронно-библиотечная система: Znanium – <http://znanium.com/catalog.php>
2. Электронно-библиотечная система: ГидроМетеоОнлайн – <http://elibrshu.ru>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

Профессиональные базы данных не используются

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, доской.
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, доской.
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.