

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ФГБУ «АНИИ»)

УТВЕРЖДАЮ: \_\_\_\_\_  
Директор \_\_\_\_\_ /А.С. Макаров  
\_\_\_\_\_ 2024 г.  
Протокол УС № \_\_\_\_\_ от 22.11.2024 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Динамическая метеорология**

образовательная программа по направлению подготовки  
**05.04.04 Гидрометеорология**

направленность (профиль)  
**«Метеорология»**  
программа подготовки – магистратура

язык обучения – русский  
форма обучения – очная

квалификация выпускника  
**Магистр**

Рабочая программа дисциплины «**Динамическая метеорология**», входящая в состав основной образовательной программы высшего образования — программы магистратуры «Метеорология» направление подготовки 05.04.04 Гидрометеорология, утверждена на Ученом совете ФГБУ «АНИИ».

Протокол заседания № 12 от 22.11.2024 года.

## **АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ «Динамическая метеорология»**

Дисциплина **«Динамическая метеорология»** является дисциплиной обязательной части образовательной программы, Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы «Метеорология» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология.

Целью дисциплины **«Динамическая метеорология»** является подготовка магистрантов, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками в объеме, необходимом для анализа физических взаимосвязей между параметрами изучаемых физических процессов в атмосфере и причинами, их определяющими.

Предметом изучения дисциплины выступает природа, силы и физические механизмы, приводящие в действие атмосферную циркуляцию в глобальном и локальном масштабах.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточный контроль в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

## Содержание

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	6
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
5. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
5.1 Содержание дисциплины.....	7
5.2 Структура дисциплины.....	9
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	9
6.1 Общие положения.....	9
6.2 Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины.....	10
6.3 Перечень основных вопросов по изучаемым темам для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
6.4 Перечень литературы для самостоятельной работы.....	11
6.5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы.....	11
7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	11
7.1 Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе текущей аттестации.....	11
7.2 Контрольные задания для текущей аттестации.....	12
7.3 Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе промежуточной аттестации.....	14
7.4 Типовые задания к промежуточной аттестации.....	16
7.5 Средства оценки индикаторов достижения компетенций.....	16
8. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	14
8.1 Основная литература.....	18
8.2 Дополнительная литература.....	18
9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.....	18
9.1 Программное обеспечение.....	18
9.2 Перечень информационно-справочных систем и профессиональных баз данных информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:.....	18
9.3 Лицензионные электронные ресурсы библиотеки.....	19
9.4 Электронная информационно-образовательная среда.....	20
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	21

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Динамическая метеорология» является подготовка магистрантов, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками в объеме, необходимом для анализа физических взаимосвязей между параметрами изучаемых физических процессов в атмосфере и причинами, их определяющими.

Достижение главной цели предполагает комплексную реализацию следующих задач:

- теоретических основ математического описания различных атмосферных процессов в различных системах координат;
- теоретических принципов упрощения уравнений в задачах по изучению атмосферных явлений с различными характерными масштабами;
- результатов анализа взаимосвязей между параметрами составных элементов сложной структуры воздушных течений в атмосфере и геофизическими факторами;
- практических навыков математического моделирования и решения задач по определению конкретных значений физических параметров в различных метеорологических явлениях.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями: профессиональными (ПК). Планируемые результаты формирования компетенций и индикаторы их достижения в результате освоения дисциплины представлены в Таблице 1.

Таблица 1

### Планируемые результаты освоения дисциплины, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций обучающихся

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)
ПК-2 Способен анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, выявлять их закономерности	ПК-2.2. Выявляет закономерности и аномалии происходящих процессов в природной среде.	Знать: глобальные явления и процессы, а также их закономерности, происходящих в природной среде З (ПК-2)
		Уметь: выявлять закономерности и аномалии происходящих процессов в природной среде У (ПК-2)
		Владеть: навыками анализа гидрометеорологических процессов и явлений на основе результатов наблюдений, а также по экспериментальным и модельным данным В (ПК-2)

В результате освоения дисциплины магистрант должен:

#### **ЗНАТЬ:**

- причины, приводящие к особенностям проявления основных физических законов в динамических и термических процессах в атмосфере;
- наиболее характерные типы движений в атмосфере, их временную динамику и пространственную структуру;
- взаимосвязи между параметрами наиболее характерных процессов и факторами, их определяющими.

#### **УМЕТЬ:**

- творчески осмысливать физические механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов;
- применить принцип упрощения и выбрать нужную форму уравнений для описания

отдельных типов движений;

– объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных атмосферных процессов;

– использовать навыки математического моделирования для решения задачи, связанных с количественными оценками параметров метеорологических процессов, как в рамках аналитических моделей, так и с использованием современной вычислительной техники.

#### **ВЛАДЕТЬ:**

– знаниями о перспективных направлениях развития динамической метеорологии и возможностях ее использования при решении основных Теоретическая механика и гидромеханика и прикладных задач;

– навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера.

### **3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Динамическая метеорология» является дисциплиной обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования — программы магистратуры «Метеорология» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология. Курс читается в третьем семестре, форма промежуточной аттестации — экзамен.

Для успешного освоения материала данной дисциплины требуются знания, умения и навыки, полученные в ходе обучения на таких уровнях высшего образования как бакалавриат/специалитет».

Знания, полученные при изучении дисциплины могут быть использованы при выполнении, подготовке к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы, при прохождении практики, а также для изучения дисциплин «Космическая метеорология», «Авиационная метеорология».

### **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 2

**Объем дисциплины**

Типы учебных занятий и самостоятельная работа	Объем дисциплины					
	Всего	Семестр				
		1	2	3	4	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП:</b>	<b>36</b>	-	-	<b>36</b>	-	
Лекции (Л)	<b>18</b>	-	-	<b>18</b>	-	
Семинарские занятия (СЗ)	<b>18</b>	-	-	<b>18</b>	-	
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>63</b>	-	-	<b>63</b>	-	
Промежуточная аттестация	форма	Экзамен	-	-	Экзамен	-
	час.	<b>9</b>	-	-	<b>9</b>	-
<b>Общая трудоемкость дисциплины (час./з.е.)</b>	<b>108/3</b>	-	-	<b>108/3</b>	-	

### **5. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Содержание дисциплины соотносится с планируемыми результатами обучения по дисциплине: через задачи, формируемые компетенции и их компоненты (знания, умения, навыки – далее ЗУВ) по средствам индикаторов достижения компетенций в соответствии с Таблицей 3.

## 5.1 Содержание дисциплины

Таблица 3

### Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание тем (разделов)	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)
1	Основные уравнения динамики турбулентной атмосферы. Замыкание системы уравнений турбулентной атмосферы	Силы, действующие в атмосфере. Мгновенные значения метеорологических величин, их средние значения и турбулентные флуктуации. Спектр скорости ветра в приземном слое. Осреднение физических полей и уравнений. Выбор периода осреднения. Уравнения движения, неразрывности, переноса тепла, влаги и другой примеси в атмосфере для мгновенных и средних величин. Эффекты осреднения. Термические эффекты сжатия и расширения в турбулентных вихрях при их вертикальных перемещениях. Критерии статической устойчивости. Турбулентные флуктуации плотности, температуры и давления. Турбулентные потоки и притоки количества движения, тепла, водяного пара и примеси в атмосфере. Критерии статической устойчивости. Связь турбулентных потоков с полями средних величин. Гипотезы замыкания полуэмпирической теории турбулентности. Уравнения баланса кинетической энергии среднего движения и энергии турбулентности. Замыкание системы уравнениями для статистических моментов более высокого порядка.	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)
2	Лучистые притоки тепла	Применимость законов теплового излучения к реальной атмосфере. Методы интегрирования уравнений переноса радиации в коротковолновой и длинноволновой областях спектра. Интегральная функция пропускания. Методы расчета лучистых потоков и притоков тепла.	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)
3	Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы	Поверхности раздела в атмосфере, примеры их формирования. Связь наклона поверхности раздела с полями ветра и температуры.	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание тем (разделов)	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)
		Особенности полей ветра и давления в области фронта. Волны Россби в зональном потоке. Стационарные центры действия атмосферы. Неустойчивость волн Россби в зональном потоке. Модели замыкания системы уравнений для ППС. Малопараметрические модели ППС с априорным профилем коэффициента турбулентности. Численные модели пограничного слоя атмосферы. Взаимодействие ППС со свободной атмосферой. Вертикальные скорости на верхней границе ППС.			
4	Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы	Приземный подслой (теория подобия и нелинейная модель) и вертикальные профили характеристик турбулентности и метеопараметров при различных типах стратификации в атмосфере. Определение турбулентных потоков различных субстанций в приземном слое по данным градиентных наблюдений. Общая постановка задачи. Суточные колебания метеорологических параметров, модель суточного хода температуры. Непериодические изменения, ночное понижение температуры поверхности почвы.	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)
5	Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	Внутренние пограничные слои в атмосфере. Трансформация метеорологических характеристик под влиянием изменения свойств подстилающей поверхности. Практические приложения теории трансформации (применение в синоптическом прогнозе, расчет адвективных заморозков и туманов, расчет норм орошения).	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)
6	Физические принципы гидродинамического прогноза	Изобарическая система координат. Преобразование уравнений в изобарическую систему координат. Уравнения переноса вихря скорости и дивергенции. Баротропный потенциальный вихрь, условие его сохранения. Непериодические изменения давления во времени.	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание тем (разделов)	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)
7	Некоторые вопросы энергетики атмосферы	Физические факторы, приводящие к изменению циркуляции по жидкому замкнутому контуру. Бароклинная циркуляция. Влияние вращения Земли. Зонально-осредненные уравнения движения и переноса тепла. Баротропная неустойчивость зонального переноса. Особенности переноса воздушных масс в экваториальной зоне.	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)

## 5.2 Структура дисциплины

Таблица 4

### Структура дисциплины

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Объем дисциплины, час.			Форма текущего контроля успеваемости*, промежуточной аттестации	
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по типам учебных занятий в соответствии с УП			
			Л	СЗ		
<i>Очная форма обучения</i>						
1	Основные уравнения динамики турбулентной атмосферы. Замыкание системы уравнений турбулентной атмосферы	11	2	-	9	-
2	Лучистые притоки тепла	11	2	-	9	-
3	Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы	18	3	6	9	ПЗ
4	Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы	18	3	6	9	ПЗ
5	Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	14	3	2	9	О
6	Физические принципы гидродинамического прогноза	14	3	2	9	О
7	Некоторые вопросы энергетики атмосферы	13	2	2	9	-
<b>Промежуточная аттестация</b>		<b>9</b>	-	-	-	<b>Экзамен</b>
<b>Итого:</b>		<b>108/3</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>63</b>	<b>9</b>

\*Примечание: формы текущего контроля успеваемости: практическое задание (ПЗ), опрос (О).

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1 Общие положения

Знания и навыки, полученные в результате лекций и семинарских занятий, закрепляются и развиваются в результате повторения материала, усвоенного в аудитории, путем чтения текстов и исследовательской литературы (из списков основной и дополнительной литературы) и их анализа.

Самостоятельная работа является важнейшей частью процесса высшего образования. Ее следует осознанно организовать, выделив для этого необходимое время и соответственным образом организовав рабочее пространство. Важнейшим элементом самостоятельной работы является проработка материалов прошедших занятий (анализ конспектов, чтение рекомендованной литературы) и подготовка к следующим лекциям/семинарам. Литературу, рекомендованную в программе курса, следует, по возможности, читать в течение всего семестра, концентрируясь на обусловленных программой курса темах.

Существенную часть самостоятельной работы магистранта представляет самостоятельное изучение учебно-методических изданий, лекционных конспектов, интернет-ресурсов и пр. Подготовка к семинарским занятиям, опросам также является важной формой работы магистранта. Самостоятельная работа может вестись как индивидуально, так и при содействии преподавателя.

## **6.2 Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины**

### **Тема 1. Основные уравнения динамики турбулентной атмосферы. Замыкание системы уравнений турбулентной атмосферы**

1.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 9 часов.

Итого: 9 часов.

### **Тема 2. Лучистые притоки тепла**

2.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 9 часов. Итого: 9 часов

### **Тема 3. Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы.**

3.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 5 часов.

3.2. Подготовка к практическим занятиям по предложенным темам, самостоятельное изучение рекомендованной литературы, повторение материала лекций – 4 часа. Итого: 9 часов.

### **Тема 4. Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы.**

4.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 5 часов.

4.2. Подготовка к практическим занятиям по предложенным темам, самостоятельное изучение рекомендованной литературы, повторение материала лекций – 4 часа. Итого: 9 часов.

### **Тема 5. Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью.**

5.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 5 часов.

5.2. Подготовка к практическим занятиям по предложенным темам, самостоятельное изучение рекомендованной литературы, повторение материала лекций – 4 часа. Итого: 9 часов.

### **Тема 6. Физические принципы гидродинамического прогноза**

6.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 9 часов. Итого: 9 часов.

### **Тема 7. Некоторые вопросы энергетики атмосферы**

7.1. Изучение вопросов, представленных в списке тем лекций. Повторение изученного на предыдущих лекциях материала при подготовке к последующим лекциям – 5 часов.

7.2. Подготовка к практическим занятиям по предложенным темам, самостоятельное изучение рекомендованной литературы, повторение материала лекций – 4 часа. Итого: 9 часов.

### **6.3 Перечень литературы для самостоятельной работы**

1. Динамическая метеорология. Под ред. Лайхтмана Д.Л.–Л.: Гидрометеиздат, 1976. –608с.
2. Задачник по динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 166с.
3. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.
4. Радикевич В.М. Динамическая метеорология для океанологов. Учебное пособие. – Л.: изд. ЛПИ, 1985. – 157с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-213174722.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213174722.pdf)

### **6.5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

Для обеспечения самостоятельной работы магистрантов по дисциплине «Динамическая метеорология» разработано учебно-методическое обеспечение в составе:

1. Контрольные задания для подготовки к процедурам текущего контроля (п. 7.2 Рабочей программы).
2. Типовые задания для подготовки к промежуточной аттестации (п. 7.4 Рабочей программы).
3. Рекомендуемые основная, дополнительная литература, Интернет-ресурсы и справочные системы (п. 8, 9 Рабочей программы).
4. Рабочая программа практики размещена в электронной информационно-образовательной среде организации.

## **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **7.1 Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе текущей аттестации**

Информация о содержании и процедуре текущего контроля успеваемости, методике оценивания знаний, умений и навыков обучающегося в ходе текущего контроля доводятся научно-педагогическими работниками ФГБУ «ААНИИ» до сведения обучающегося на первом занятии по данной дисциплине.

Текущий контроль предусматривает подготовку магистрантов к каждому занятию, выполнение практических заданий, а также активное слушание на лекциях. Магистрант должен присутствовать на семинарских занятиях, отвечать на поставленные вопросы, показывая, что прочитал разбираемую литературу, представлять содержательные реплики

по темам обсуждения.

Текущий контроль проводится в форме оценивания практических заданий, демонстрирующих степень знакомства магистрантов с дополнительной литературой.

Таблица 5

**Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе текущей аттестации**

Наименование темы (раздела)	Код компетенции	Индикаторы компетенций	Коды ЗУВ (в соотв. с табл. 1)	Формы текущего контроля	Результаты текущего контроля
Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Практическое задание 1	зачтено/ не зачтено
Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Практическое задание 2	зачтено/ не зачтено
Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Опрос 1	зачтено/ не зачтено
Физические принципы гидродинамического прогноза	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Опрос 2	зачтено/ не зачтено

Таблица 6

**Критерии оценивания**

Формы текущего контроля успеваемости	Критерии оценивания
Практическое задание	магистрант выполняет задание частично или с существенными недочетами (некорректно сформулирован исследовательский вопрос, не определены основные агенты, некорректно выбраны методы исследования, требования к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению не выполнены) – не зачтено, полное и правильное выполнение задания в соответствии с требованиями к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению с возможным небольшим количеством погрешностей (например, плохо выдержанная структура текста, недостаточная аргументация отдельных тезисов) – зачтено
Опрос	ответ отсутствует или является односложным – не зачтено развернутый ответ с доказательствами или обоснованием — зачтено

**7.2. Контрольные задания для текущей аттестации**

**Примерный материал для текущей аттестации (практические задания, опросы):**

Практическое задание 1. Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы.

Контрольное расчётное задание «Расчет метеорологических характеристик в пограничном слое атмосферы»

Определить средний, по слою, коэффициент турбулентности, высоту пограничного слоя, четные варианты – используя условие, совпадения геострофического и реального

ветра по направлению, нечетные совпадения геострофического и реального ветра по модулю. Рассчитать скорость и направление реального ветра, температуру, а также компоненты сил, на следующих высотах:  $z = 0.2H, 0.4H, 0.6H, 0.8H, 1H$  (где  $H$  высота пограничного слоя). Плотность принять равной  $1.3 \text{ кг/м}^3$ , среднее значение температуры  $285 \text{ К}$ , поток тепла на поверхности брать из 1-го задания. На основании расчётов построить годограф скорости.

Практическое задание 2. Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы

Контрольное расчётное задание «Структура приземного слоя атмосферы»  
Определить шероховатость подстилающей поверхности, динамическую скорость, масштаб Монины-Обухова и турбулентный поток тепла в приземном слое (размерность  $\text{Вт/м}^2$ ), рассчитать коэффициент турбулентности на всех уровнях. Построить график распределения скорости с высотой согласно логарифмическому закону для двух случаев: 1) считая, что стратификация нейтральная, 2) принимая во внимание стратификацию, получаемую по данным.

Контрольное расчётное задание «Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы»

По имеющимся данным вычислить и построить на графике суточный ход температуры с дискретностью 1 час, взять коэффициент турбулентности из 1-го задания для соответствующей высоты. Вычислить ночное выхолаживание на срок 10 часов.

Опрос 1. Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью.

1. Какими физическими свойствами характеризуются различные воздушные массы?
2. Что называют очагом воздушной массы?
3. Термодинамическая классификация воздушных масс, их характеристик?
4. Почему в теплой воздушной массе вертикальный температурный градиент с течением времени уменьшается, а в холодной – увеличивается?
5. Каковы основные свойства устойчивых и неустойчивых воздушных масс?
6. Какие географические типы воздушных масс формируются в различное время года на территории Вашего проживания?
7. Что называют атмосферным фронтом, как он изображается на синоптических картах и на вертикальных разрезах атмосферы?
8. Линия фронта у земной поверхности находится на расстоянии 360 км от точки А.
9. Наклон фронта равен  $1/120$ . На какой высоте над точкой А лежит верхняя граница фронтального слоя?
10. Какова облачная система теплого фронта, его вертикальная и горизонтальная протяженность, скорость его движения?
11. Каковы облачные системы холодных фронтов I-го и II-го рода, их вертикальная и горизонтальная протяженность, скорость движения фронтов?
12. Что такое фронты окклюзии? Как возникают фронты окклюзии?
13. Что такое струйное течение, каковы его размеры и как оно связано с атмосферным фронтом?

Опрос 2. Физические принципы гидродинамического прогноза

1. Что такое функция пропускания? Как она зависит от массы поглощающего вещества?
2. где больше уходящее длинноволновое излучение при ясном небе – на полюсе или на экваторе? Почему?
3. Где поглощается большая часть солнечной радиации – на земной поверхности или в атмосфере?
4. Где формируется основная часть уходящего длинноволнового излучения – на земной поверхности или в атмосфере?
5. Как влияет облачность на эффективное излучение земной поверхности?

### 7.3 Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе промежуточной аттестации

**Форма промежуточной аттестации** — экзамен, выставляемый на основе устного опроса.

На экзамене магистрант должен ответить на три вопроса, предложенных ему из списка, который формируется преподавателем и сообщается заранее. В процессе ответа магистрант должен показать знание проблематики вопроса, источников и научной литературы, основных позиций научных дискуссий, связанных с заданным вопросом. По завершению ответа студента на вопрос билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы по материалам прослушанного курса.

Ответ магистранта на экзамене позволяет продемонстрировать уровень освоения знаний, полученных магистрантом в процессе изучения дисциплины, и сформированность умений и навыков

Перед экзаменом проводится консультация, на которой преподаватель отвечает на вопросы магистрантов.

В результате промежуточного контроля знаний студенты получают оценку по дисциплине.

Таблица 7

#### Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации/вид промежуточной аттестации	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)	Критерии оценивания	Оценка
Экзамен/ Устный опрос	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	<p>Ответ на вопрос соответствует следующим требованиям: сформулирован исследовательский вопрос, корректно выбраны методы и собраны данные, тема раскрыта, соблюдены структура и научный стиль, сформулированы выводы, аргументация убедительна, правильно оформлен библиографический аппарат и т.д. Магистрант демонстрирует: глубокое усвоение программного материала; изложение данного материала исчерпывающе, последовательно, четко; умение делать обоснованные выводы; соблюдение норм устной и письменной литературной речи.</p>	отлично
				<p>В ответе на вопрос не соблюдены некоторые требования к работе: при раскрытии темы и проблемы (данные представлены недостаточно полно, выводы сформулированы недостаточно четко,</p>	хорошо

Форма промежуточной аттестации/вид промежуточной аттестации	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)	Критерии оценивания	Оценка
				аргументация недостаточно убедительна). Магистрант демонстрирует: твердое знание материала курса; последовательное изложение материала; знание теоретических положений без обоснованной их аргументации; соблюдение норм устной и письменной литературной речи.	
				Ответ на вопрос содержит существенные оплошности: нарушено сразу несколько требований, например, выводы плохо обоснованы; есть фактические ошибки. Магистрант демонстрирует: знание основного материала, но владение им не в полном объеме; допущение существенных неточностей; допущение недостаточно правильных формулировок; допущение нарушения логической последовательности в изложении материала; наличие нарушений норм литературной устной и письменной речи.	удовлетворительно
				Представленный ответ на вопрос не отвечает предъявляемым требованиям (либо не предоставление доклада вовсе); Магистрант демонстрирует: незнание значительной части программного материала: наличие существенных ошибок в определениях, формулировках, понимании теоретических положений; бессистемность при ответе на поставленный вопрос; отсутствие в ответе логически корректного анализа, аргументации, классификации; наличие нарушений норм устной литературной речи.	неудовлетворительно

Результаты сдачи промежуточной аттестации по направлениям подготовки уровня магистратуры оцениваются по пятибалльной системе оценки согласно таблице 7а,

основные критерии оценки знаний в пятибалльной (стандартной) системе для программ магистратуры представлены в таблице 7б.

Таблица 7а

**Система оценки знаний обучающихся**

Пятибалльная (стандартная) система	Бинарная система оценки
5 (отлично)	зачтено
4 (хорошо)	
3 (удовлетворительно)	
2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Таблица 7б

**Система оценки знаний обучающихся**

Пятибалльная (стандартная) система	Критерии оценивания
5 (отлично)	ставится в том случае, когда обучающийся усвоил весь программный материал, излагает изученный материал логично, способен применять теорию при решении практических задач, не испытывает затруднений при ответе на дополнительные вопросы экзаменатора, демонстрирует самостоятельность мышления. Уровень сформированности компетенций — повышенный (продвинутый)
4 (хорошо)	ставится, если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей при ответе на дополнительные вопросы, способен выполнять практические задания, демонстрирует достаточно высокий уровень сформированности компетенций, однако затрудняется дать собственную оценку раскрываемому вопросу. Уровень сформированности компетенций – высокий
3 (удовлетворительно)	ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий. Уровень сформированности компетенций — пороговый
2 (неудовлетворительно)	ставится, если обучающийся не знает отдельных разделов программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи. Уровень сформированности компетенций — критический

Результаты промежуточного контроля по дисциплине, выраженные в оценках «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», показывают уровень сформированности у обучающегося компетенций по дисциплине в соответствии с картами компетенций основной профессиональной образовательной программы высшего образования — программы магистратуры «Метеорология» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология.

Результаты промежуточного контроля по дисциплине, выраженные в оценках «неудовлетворительно», показывают несформированность у обучающегося компетенций по дисциплине в соответствии с картами компетенций основной профессиональной образовательной программы высшего образования — программы магистратуры «Метеорология» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология.

**7.4 Типовые задания к промежуточной аттестации**

**Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

**ПК-2**

1. Силы, действующие в атмосфере, их физическая природа и математическая запись.
2. Мгновенные значения метеорологических величин, их средние значения и турбулентные флуктуации. Спектр скорости ветра в приземном слое. Осреднение физических полей и уравнений. Выбор периода осреднения.
3. Уравнения движения, неразрывности, переноса тепла, влаги и другой примеси в атмосфере для мгновенных и средних величин. Эффекты осреднения.
4. Термические эффекты сжатия и расширения в турбулентных вихрях при их

- вертикальных перемещениях. Критерии статической устойчивости.
5. Турбулентные потоки и притоки количества движения, тепла, водяного пара и примеси в атмосфере. Критерии статической устойчивости в турбулентном пограничном слое.
  6. Различные формы записи уравнения притока тепла для атмосферы.
  7. Связь турбулентных потоков с полями средних величин. Гипотезы замыкания полуэмпирической теории турбулентности.
  8. Уравнения баланса кинетической энергии среднего движения и энергии турбулентности.
  9. Классификация атмосферных движений, их характерные масштабы. Упрощение уравнений.
  10. Применимость законов теплового излучения к реальной атмосфере.
  11. Вывод уравнений переноса радиации.
  12. Методы интегрирования уравнений переноса радиации в коротковолновой и длинноволновой областях спектра.
  13. Интегральная функция пропускания. Методы расчета лучистых потоков и притоков тепла.
  14. Вертикальное распределение температуры при лучистом и радиационно- конвективном равновесии.
  15. Градиентный ветер по прямолинейным и криволинейным изобарам. Точные и приближённые формулы при больших радиусах кривизны траектории. Особенности антициклонических систем.
  16. Эффекты горизонтальной температурной неоднородности. Термический ветер.
  17. Геострофическая адвекция температуры, ее связь с изменением направления ветра по высоте.
  18. Агеострофические отклонения. Формирование вертикальных движений в свободной атмосфере.
  19. Поверхности раздела в атмосфере, примеры их формирования. Связь наклона поверхности раздела с полями ветра и температуры. Особенности полей ветра и давления в области фронта.
  20. Волны Россби в зональном потоке. Стационарные центры действия атмосферы.

## 7.5 Средства оценки индикаторов достижения компетенций

Таблица 8

### Средства оценки индикаторов достижения компетенций

Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Средства оценки (в соотв. с Таблицами 5, 7)
ПК-2	ПК-2.2.	Практическое задание, опрос, устный ответ на вопросы

Таблица 9

### Описание средств оценки индикаторов достижения компетенций

Средства оценки (в соотв. с Таблицами 5, 7)	Рекомендованный план выполнения работы
Практическое задание	магистрант выполняет задание частично или с существенными недочетами (некорректно сформулирован исследовательский вопрос, не определены основные агенты, некорректно выбраны методы исследования, требования к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению не выполнены) – не зачтено, полное и правильное выполнение задания в соответствии с требованиями к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению с возможным небольшим количеством погрешностей (например, плохо выдержанная структура текста, недостаточная аргументация отдельных тезисов) – зачтено
Опрос	ответ отсутствует или является односложным – не зачтено развернутый ответ с доказательствами или обоснованием — зачтено
Устный опрос по билету	Магистрант дает ответы на вопросы, для которых характерно:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– глубокое усвоение программного материала,</li> <li>– изложение его исчерпывающе, последовательно, четко,</li> <li>– умение делать обоснованные выводы,</li> <li>– соблюдение норм устной литературной речи.</li> </ul>
--	---

## 8. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 8.1 Основная литература

1. Динамическая метеорология. Под ред. Лайхтмана Д.Л.–Л.: Гидрометеиздат, 1976. –608с.
2. Мельникова И.И., Радикевич В.М. Динамическая метеорология. Учебное пособие. – Л.: изд. ЛПИ, 1974. – 170с [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-218124340.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-218124340.pdf)
3. Радикевич В.М. Динамическая метеорология для океанологов. Учебное пособие. – Л.: изд. ЛПИ, 1985. – 157с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-213174722.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213174722.pdf)

### 8.2 Дополнительная литература

1. Задачник по динамической метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 166с.
2. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел «Геофизическая гидродинамика». Учебное пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 154с.

## 9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

### 9.1 Программное обеспечение

При осуществлении образовательного процесса магистрантами и профессорско-преподавательским составом используется следующее лицензионное программное обеспечение:

1. Р7-Офис Профессиональный для учебных заведений
2. OS Microsoft Windows
3. Яндекс Браузер
4. ГИС «Панорама»

### 9.2 Перечень информационно-справочных систем и профессиональных баз данных информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

#### Информационно-справочные системы

1. Открытое образование. Ассоциация «Национальная платформа открытого образования»: <https://npoed.ru/>
2. Официальная Россия. Сервер органов государственной власти Российской Федерации: <http://www.gov.ru/> \_
3. Официальный интернет-портал правовой информации. Государственная система правовой информации: <http://pravo.gov.ru/>
4. Правовой сайт КонсультантПлюс: <https://www.consultant.ru/sys/>
5. Российское образование. Федеральный портал: <http://www.edu.ru/> \_

#### Профессиональные базы данных информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Национальная электронная библиотека НЭБ: <https://rusneb.ru/> \_
2. Президентская библиотека: <https://www.prlib.ru/?ysclid=m2vlnr7tar995952664> \_
3. Российская государственная библиотека: <https://www.rsl.ru/?ysclid=m2vlo35cir499595384>
4. Российская национальная библиотека:

[https://nlr.ru/nlr\\_visit/RA1812/elektronnyie-katalogi-rnb?ysclid=m2vlov5wpc285541408](https://nlr.ru/nlr_visit/RA1812/elektronnyie-katalogi-rnb?ysclid=m2vlov5wpc285541408) \_

5. Электронный ресурс Новости и информация по наукам о Земле. Режим доступа: <https://geology.com/>

6. Электронный ресурс National Centers for Environmental Information. Режим доступа: <https://www.ncdc.noaa.gov>

7. Электронный ресурс Международная программа по изменению климата. Режим доступа: <https://www.wcrp-climate.org>

8. Электронный ресурс NOAA National Centers For Environmental Information. Режим доступа: [http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast\\_02.jsp](http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp)

9. Электронный ресурс – сайт Гидрометцентра России. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/cosmo-maps>

10. Электронный ресурс – Сайт Главной геофизической обсерватории – URL: <http://voeikovmgo.ru>

11. Электронный ресурс – Гидрометцентр России фактические данные – URL: <http://www.meteoinfo.ru/pogoda>

12. Электронный ресурс – Сайт европейского центра среднесрочных прогнозов погоды. Режим доступа <http://ecmwf.int> с

13. Электронный ресурс – Сайт национального управление океанических и атмосферных исследований. Режим доступа <https://www.ncdc.noaa.gov>

### 9.3 Лицензионные электронные ресурсы библиотеки

#### Профессиональные базы данных:

– Электронная версия журнала «Математический сборник»:

○ База данных, содержащая полнотекстовую коллекцию электронных выпусков журнала. Доступ осуществляется на платформе РЦИИ: <https://journals.rcsi.science/>

○ Доступ осуществляется на платформе Общероссийского портала Math-Net.Ru <https://www.mathnet.ru/>

– Электронная версия журнала «Известия Российской академии наук. Серия математическая»

○ База данных, содержащая полнотекстовую коллекцию электронных выпусков журнала. Доступ осуществляется на платформе РЦИИ: <https://journals.rcsi.science/>

○ База данных, содержащая полнотекстовую коллекцию электронных выпусков журнала. Доступ осуществляется на платформе Общероссийского портала Math-Net.Ru <https://www.mathnet.ru/>

– Электронная версия журнала «Успехи математических наук»  
База данных, содержащая полнотекстовую коллекцию электронных выпусков журнала.

○ Доступ осуществляется на платформе РЦИИ: <https://journals.rcsi.science/>

○ База данных, содержащая полнотекстовую коллекцию электронных выпусков журнала. Доступ осуществляется на платформе Общероссийского портала Math-Net.Ru (<https://www.mathnet.ru/>).

– **Springer Journals.** База данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer на платформе: <https://link.springer.com/>

– **Nature Journals.** База данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group на платформе: <https://www.nature.com/>

– **Adis Journals.** База данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer Nature, а именно журналы Adis на платформе: <https://link.springer.com/>

– **Springer Materials.** База данных, содержащая коллекции научных материалов в области физических наук и инжиниринга, на платформе: <https://materials.springer.com>

#### Электронные библиотечные системы:

Электронная библиотека РГГМУ – <http://elib.rshu.ru/>

#### **9.4 Электронная информационно-образовательная среда**

Образовательный процесс по итоговой аттестации поддерживается средствами электронной информационно-образовательной среды ФГБУ «АНИИ», которая включает в себя, лицензионные электронные ресурсы библиотеки, официальный сайт ФГБУ «АНИИ», локальную сеть и корпоративную электронную почту, и обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик и к изданиям электронных библиотечных систем и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах;
- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения основной образовательной программы;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок за эти работы со стороны любых участников образовательного процесса;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет» (электронной почты и т.д.).

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным ресурсам библиотеки, содержащей издания учебной, учебно-методической и иной литературы по изучаемой дисциплине.

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

В ходе реализации образовательного процесса используются специализированные многофункциональные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Проведение занятий лекционного типа обеспечивается демонстрационным оборудованием.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляется возможность присутствия в аудитории вместе с ними ассистента (помощника). Для слабовидящих предоставляется возможность увеличения текста на экране (ПК). Для самостоятельной работы лиц с ограниченными возможностями здоровья в помещениях для самостоятельной работы организовано по одному месту (ПК) с возможностями бесконтактного ввода информации и управления компьютером (специализированное лицензионное программное обеспечение – Camera Mouse, веб камера). Библиотека организации предоставляет удаленный доступ к ЭБ с возможностями для слабовидящего увеличения текста на экране ПК. Лица с ограниченными возможностями здоровья могут при необходимости воспользоваться имеющимся в организации креслом-коляской. В учебном корпусе имеется адаптированный лифт. На втором этаже оборудован специализированный туалет. У входа в здание организации для инвалидов оборудована специальная кнопка, входная среда обеспечена информационной доской о режиме работы ФГБУ «АНИИ», выполненной рельефно-точечным тактильным шрифтом (азбука Брайля).

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«Динамическая метеорология»**

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 1 Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе текущей аттестации

Информация о содержании и процедуре текущего контроля успеваемости, методике оценивания знаний, умений и навыков обучающегося в ходе текущего контроля доводятся научно-педагогическими работниками ФГБУ «АНИИ» до сведения обучающегося на первом занятии по данной дисциплине.

Текущий контроль предусматривает подготовку магистрантов к каждому занятию, выполнение практических заданий, а также активное слушание на лекциях. Магистрант должен присутствовать на семинарских занятиях, отвечать на поставленные вопросы, показывая, что прочитал разбираемую литературу, представлять содержательные реплики по темам обсуждения.

Текущий контроль проводится в форме оценивания практических заданий, демонстрирующих степень знакомства магистрантов с дополнительной литературой.

Таблица 1

#### Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе текущей аттестации

Наименование темы (раздела)	Код компетенции	Индикаторы компетенций	Коды ЗУВ (в соотв. с табл. 1)	Формы текущего контроля	Результаты текущего контроля
Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Практическое задание 1	зачтено/ не зачтено
Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Практическое задание 2	зачтено/ не зачтено
Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Опрос 1	зачтено/ не зачтено
Физические принципы гидродинамического прогноза	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Опрос 2	зачтено/ не зачтено

Таблица 2

#### Критерии оценивания

Формы текущего контроля успеваемости	Критерии оценивания
Практическое задание	магистрант выполняет задание частично или с существенными недочетами (некорректно сформулирован исследовательский вопрос, не определены основные агенты, некорректно выбраны методы исследования, требования к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению не выполнены) – не зачтено; полное и правильное выполнение задания в соответствии с требованиями к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению с возможным небольшим количеством погрешностей (например, плохо выдержанная структура текста, недостаточная аргументация отдельных тезисов) – зачтено
Опрос	ответ отсутствует или является односложным – не зачтено развернутый ответ с доказательствами или обоснованием — зачтено

## 2. Контрольные задания для текущей аттестации

**Примерный материал для текущей аттестации (практические задания, опросы):**

Практическое задание 1. Динамика свободной атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) атмосферы.

Контрольное расчётное задание «Расчет метеорологических характеристик в пограничном слое атмосферы»

Определить средний, по слою, коэффициент турбулентности, высоту пограничного слоя, четные варианты – используя условие, совпадения геострофического и реального ветра по направлению, нечетные совпадения геострофического и реального ветра по модулю. Рассчитать скорость и направление реального ветра, температуру, а также компоненты сил, на следующих высотах:  $z = 0.2H, 0.4H, 0.6H, 0.8H, 1H$  (где  $H$  высота пограничного слоя). Плотность принять равной  $1.3 \text{ кг/м}^3$ , среднее значение температуры  $285 \text{ К}$ , поток тепла на поверхности брать из 1-го задания. На основании расчётов построить годограф скорости.

Практическое задание 2. Приземный слой атмосферы. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы

Контрольное расчётное задание «Структура приземного слоя атмосферы»  
Определить шероховатость подстилающей поверхности, динамическую скорость, масштаб Монина-Обухова и турбулентный поток тепла в приземном слое (размерность  $\text{Вт/м}^2$ ), рассчитать коэффициент турбулентности на всех уровнях. Построить график распределения скорости с высотой согласно логарифмическому закону для двух случаев: 1) считая, что стратификация нейтральная, 2) принимая во внимание стратификацию, получаемую по данным.

Контрольное расчётное задание «Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы»

По имеющимся данным вычислить и построить на графике суточный ход температуры с дискретностью 1 час, взять коэффициент турбулентности из 1-го задания для соответствующей высоты. Вычислить ночное выхолаживание на срок 10 часов.

Опрос 1. Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью.

1. Какими физическими свойствами характеризуются различные воздушные массы?
2. Что называют очагом воздушной массы?
3. Термодинамическая классификация воздушных масс, их характеристик?
4. Почему в теплой воздушной массе вертикальный температурный градиент с течением времени уменьшается, а в холодной – увеличивается?
5. Каковы основные свойства устойчивых и неустойчивых воздушных масс?

6. Какие географические типы воздушных масс формируются в различное время года на территории Вашего проживания?
7. Что называют атмосферным фронтом, как он изображается на синоптических картах и на вертикальных разрезах атмосферы?
8. Линия фронта у земной поверхности находится на расстоянии 360 км от точки А.
9. Наклон фронта равен 1/120. На какой высоте над точкой А лежит верхняя граница фронтального слоя?
10. Какова облачная система теплого фронта, его вертикальная и горизонтальная протяженность, скорость его движения?
11. Каковы облачные системы холодных фронтов I-го и II-го рода, их вертикальная и горизонтальная протяженность, скорость движения фронтов?
12. Что такое фронты окклюзии? Как возникают фронты окклюзии?
13. Что такое струйное течение, каковы его размеры и как оно связано с атмосферным фронтом?

Опрос 2. Физические принципы гидродинамического прогноза

1. Что такое функция пропускания? Как она зависит от массы поглощающего вещества?
2. где больше уходящее длинноволновое излучение при ясном небе – на полюсе или на экваторе? Почему?
3. Где поглощается большая часть солнечной радиации – на земной поверхности или в атмосфере?
4. Где формируется основная часть уходящего длинноволнового излучения – на земной поверхности или в атмосфере?
5. Как влияет облачность на эффективное излучение земной поверхности?

### 3 Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе промежуточной аттестации

**Форма промежуточной аттестации** — экзамен, выставляемый на основе устного опроса.

На экзамене магистрант должен ответить на три вопроса, предложенных ему из списка, который формируется преподавателем и сообщается заранее. В процессе ответа магистрант должен показать знание проблематики вопроса, источников и научной литературы, основных позиций научных дискуссий, связанных с заданным вопросом. По завершению ответа студента на вопрос билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы по материалам прослушанного курса.

Ответ магистранта на экзамене позволяет продемонстрировать уровень освоения знаний, полученных магистрантом в процессе изучения дисциплины, и сформированность умений и навыков

Перед экзаменом проводится консультация, на которой преподаватель отвечает на вопросы магистрантов.

В результате промежуточного контроля знаний студенты получают оценку по дисциплине.

Таблица 3

#### Показатели, критерии и оценивание компетенций и индикаторов их достижения в процессе промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации/вид промежуточной аттестации	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)	Критерии оценивания	Оценка
Экзамен/ Устный опрос	ПК-2	ПК-2.2.	З (ПК-2) У (ПК-2) В (ПК-2)	Ответ на вопрос соответствует следующим требованиям: сформулирован исследовательский вопрос,	отлично

Форма промежуточной аттестации/вид промежуточной аттестации	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)	Критерии оценивания	Оценка
				<p>корректно выбраны методы и собраны данные, тема раскрыта, соблюдены структура и научный стиль, сформулированы выводы, аргументация убедительна, правильно оформлен библиографический аппарат и т.д.  Магистрант демонстрирует: глубокое усвоение программного материала; изложение данного материала исчерпывающе, последовательно, четко; умение делать обоснованные выводы; соблюдение норм устной и письменной литературной речи.</p>	
				<p>В ответе на вопрос не соблюдены некоторые требования к работе: при раскрытии темы и проблемы (данные представлены недостаточно полно, выводы сформулированы недостаточно четко, аргументация недостаточно убедительна).  Магистрант демонстрирует: твердое знание материала курса; последовательное изложение материала; знание теоретических положений без обоснованной их аргументации; соблюдение норм устной и письменной литературной речи.</p>	хорошо
				<p>Ответ на вопрос содержит существенные оплошности: нарушено сразу несколько требований, например, выводы плохо обоснованы; есть фактические ошибки.  Магистрант демонстрирует: знание основного материала, но владение им не в полном объеме; допущение существенных неточностей; допущение недостаточно правильных формулировок; допущение нарушения логической последовательности в изложении материала;</p>	удовлетворительно

Форма промежуточной аттестации/вид промежуточной аттестации	Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Коды ЗУВ (в соответствии с Таблицей 1)	Критерии оценивания	Оценка
				наличие нарушений норм литературной устной и письменной речи.	
				Представленный ответ на вопрос не отвечает предъявляемым требованиям (либо не предоставление доклада вовсе); Магистрант демонстрирует: незнание значительной части программного материала: наличие существенных ошибок в определениях, формулировках, понимании теоретических положений; бессистемность при ответе на поставленный вопрос; отсутствие в ответе логически корректного анализа, аргументации, классификации; наличие нарушений норм устной литературной речи.	неудовлетворительно

Результаты сдачи промежуточной аттестации по направлениям подготовки уровня магистратуры оцениваются по пятибалльной системе оценки согласно таблице 3а, основные критерии оценки знаний в пятибалльной (стандартной) системе для программ магистратуры представлены в таблице 3б.

Таблица 3а

#### Система оценки знаний обучающихся

Пятибалльная (стандартная) система	Бинарная система оценки
5 (отлично)	зачтено
4 (хорошо)	
3 (удовлетворительно)	
2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Таблица 3б

#### Система оценки знаний обучающихся

Пятибалльная (стандартная) система	Критерии оценивания
5 (отлично)	ставится в том случае, когда обучающийся усвоил весь программный материал, излагает изученный материал логично, способен применять теорию при решении практических задач, не испытывает затруднений при ответе на дополнительные вопросы экзаменатора, демонстрирует самостоятельность мышления. Уровень сформированности компетенций — повышенный (продвинутый)
4 (хорошо)	ставится, если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей при ответе на дополнительные вопросы, способен выполнять практические задания, демонстрирует достаточно высокий уровень сформированности компетенций, однако затрудняется дать собственную оценку раскрываемому вопросу. Уровень сформированности компетенций – высокий
3 (удовлетворительно)	ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, нарушает последовательность в

	изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий. Уровень сформированности компетенций — пороговый
2 (неудовлетворительно)	ставится, если обучающийся не знает отдельных разделов программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи. Уровень сформированности компетенций — критический

Результаты промежуточного контроля по дисциплине, выраженные в оценках «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», показывают уровень сформированности у обучающегося компетенций по дисциплине в соответствии с картами компетенций основной профессиональной образовательной программы высшего образования — программы магистратуры «Метеорология» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология.

Результаты промежуточного контроля по дисциплине, выраженные в оценках «неудовлетворительно», показывают несформированность у обучающегося компетенций по дисциплине в соответствии с картами компетенций основной профессиональной образовательной программы высшего образования — программы магистратуры «Метеорология» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология.

#### **4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

##### **Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

##### **ПК-2**

1. Силы, действующие в атмосфере, их физическая природа и математическая запись.
2. Мгновенные значения метеорологических величин, их средние значения и турбулентные флуктуации. Спектр скорости ветра в приземном слое. Осреднение физических полей и уравнений. Выбор периода осреднения.
3. Уравнения движения, неразрывности, переноса тепла, влаги и другой примеси в атмосфере для мгновенных и средних величин. Эффекты осреднения.
4. Термические эффекты сжатия и расширения в турбулентных вихрях при их вертикальных перемещениях. Критерии статической устойчивости.
5. Турбулентные потоки и притоки количества движения, тепла, водяного пара и примеси в атмосфере. Критерии статической устойчивости в турбулентном пограничном слое.
6. Различные формы записи уравнения притока тепла для атмосферы.
7. Связь турбулентных потоков с полями средних величин. Гипотезы замыкания полуэмпирической теории турбулентности.
8. Уравнения баланса кинетической энергии среднего движения и энергии турбулентности.
9. Классификация атмосферных движений, их характерные масштабы. Упрощение уравнений.
10. Применимость законов теплового излучения к реальной атмосфере.
11. Вывод уравнений переноса радиации.
12. Методы интегрирования уравнений переноса радиации в коротковолновой и длинноволновой областях спектра.
13. Интегральная функция пропускания. Методы расчета лучистых потоков и притоков тепла.
14. Вертикальное распределение температуры при лучистом и радиационно- конвективном равновесии.
15. Градиентный ветер по прямолинейным и криволинейным изобарам. Точные и приближённые формулы при больших радиусах кривизны траектории. Особенности антициклонических систем.
16. Эффекты горизонтальной температурной неоднородности. Термический ветер.
17. Геоострофическая адвекция температуры, ее связь с изменением направления ветра по высоте.
18. Агеострофические отклонения. Формирование вертикальных движений в свободной

- атмосфере.
19. Поверхности раздела в атмосфере, примеры их формирования. Связь наклона поверхности раздела с полями ветра и температуры. Особенности полей ветра и давления в области фронта.
  20. Волны Россби в зональном потоке. Стационарные центры действия атмосферы.
  21. Неустойчивость волн Россби в зональном потоке.
  22. Модели замыкания системы уравнений для ППС.
  23. Упрощение уравнений для приземного слоя.
  24. Общий вид зависимости коэффициента турбулентности в приземном слое атмосферы (элементы теории подобия и анализа размерностей).
  25. Распределение по высоте коэффициента турбулентности и метеопараметров (скорости ветра, температуры, влажности и других примесей) при близких к нейтральным и нейтральным стратификациям.
  26. Распределение по высоте коэффициента турбулентности и метеопараметров (скорости ветра, температуры, влажности и других примесей) при сильной устойчивости (инверсия) и при свободной конвекции.
  27. Малопараметрические модели ППС с априорным профилем коэффициента турбулентности.
  28. Нелинейные модели пограничного слоя атмосферы.
  29. Взаимодействие ППС со свободной атмосферой. Вертикальные скорости на верхней границе ППС.
  30. Нестационарные процессы в пограничном слое атмосферы. Общая постановка задачи.
  31. Модель суточного хода температуры воздуха в пограничном слое атмосферы. Решение задачи.
  32. Анализ решения задачи о суточном ходе температуры воздуха в пограничном слое атмосферы.
  33. Непериодические изменения температуры воздуха в приземном слое, ночное понижение температуры поверхности почвы.
  34. Метеорологические процессы над горизонтально-неоднородной поверхностью. Постановка задачи о трансформации метеорологических характеристик под влиянием изменения свойств подстилающей поверхности.
  35. Модельная задача о трансформации метеорологических характеристик в приземном слое под влиянием изменения свойств подстилающей поверхности (степенные законы для вертикальных профилей коэффициента турбулентности и скорости ветра).
  36. Определение турбулентных потоков тепла и влаги с поверхности в условиях трансформации потока. Высота внутреннего пограничного слоя.
  37. Обобщённая изобарическая система координат. Общий принцип преобразования уравнений из геометрической системы координат в систему, связанную с давлением.
  38. Преобразование уравнений движения и притока тепла в изобарическую систему координат.
  39. Преобразование уравнения неразрывности в изобарическую систему координат.
  40. Граничные условия в задаче краткосрочного прогноза по примитивным уравнениям.
  41. Процедура численного решения уравнений гидротермодинамики применительно к задачам краткосрочного прогноза (по примитивным уравнениям).
  42. Вывод уравнения переноса вихря в изобарической системе координат; его упрощение.
  43. Вывод уравнения для дивергенции, его упрощённая форма.
  44. Квазигеострофическая модель краткосрочного прогноза.
  45. Бароклинный потенциальный вихрь Эртеля и баротропный потенциальный вихрь; условия их сохранения.
  46. Непериодические изменения давления во времени. Адаптация полей скорости и давления.
  47. Основные формы энергии и уравнения для их изменений.

48. Баланс различных видов энергии для единичной массы воздуха и для вертикального столба атмосферы. Соотношение между внутренней и потенциальной энергией в столбе воздуха бесконечной высоты. Доступная потенциальная энергия.
49. Взаимные преобразования различных видов энергии в столбе воздуха бесконечной высоты.
50. Энергетический баланс глобальной атмосферы, скорость генерации и диссипации различных видов энергии.
51. Влияние бароклинности на изменение циркуляции по замкнутому контуру.
52. Влияние вращения Земли на изменение циркуляции по замкнутому контуру.
53. Влияние трения на изменение циркуляции по замкнутому контуру.
54. Элементы общей циркуляции атмосферы.
55. Постановка задачи общей циркуляции атмосферы. Крупномасштабная турбулентность. Зонально осредненные уравнения движения и переноса тепла.
56. Параметризация планетарного пограничного слоя.
57. Основной характер общего переноса в атмосфере.
58. Баротропная неустойчивость зонального переноса.
59. Особенности переноса воздушных масс в экваториальной зоне.

## 5 Средства оценки индикаторов достижения компетенций

Таблица 4

### Средства оценки индикаторов достижения компетенций

Коды компетенций	Индикаторы компетенций (в соотв. с Таблицей 1)	Средства оценки (в соотв. с Таблицами 5, 7)
ПК-2	ПК-2.2.	Опрос, устный опрос по билету

Таблица 5

### Описание средств оценки индикаторов достижения компетенций

Средства оценки (в соотв. с Таблицами 5, 7)	Рекомендованный план выполнения работы
Практическое задание	магистрант выполняет задание частично или с существенными недочетами (некорректно сформулирован исследовательский вопрос, не определены основные агенты, некорректно выбраны методы исследования, требования к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению не выполнены) – не зачтено, полное и правильное выполнение задания в соответствии с требованиями к содержанию, структуре, логике, аргументации, оформлению с возможным небольшим количеством погрешностей (например, плохо выдержанная структура текста, недостаточная аргументация отдельных тезисов) – зачтено
Опрос	ответ отсутствует или является односложным – не зачтено развернутый ответ с доказательствами или обоснованием — зачтено
Устный опрос	Магистрант дает ответы на вопросы билета, для которых характерно: <ul style="list-style-type: none"> <li>– глубокое усвоение программного материала,</li> <li>– изложение его исчерпывающе, последовательно, четко,</li> <li>– умение делать обоснованные выводы,</li> <li>– соблюдение норм устной литературной речи.</li> </ul>