

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины  
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АТМОСФЕРЫ


Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**05.04.05«Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль)  
Моделирование атмосферных процессов

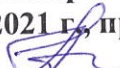
Уровень:  
Магистратура


Форма обучения  
Очная

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Моделирование атмосферных  
процессов»  
 Анискина О.Г.

Председатель УМС РГГМУ  
 Палкин И.И.

Рекомендовано решением  
Ученого совета метеорологического факультета  
19 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры  
Метеорологических прогнозов  
4 мая 2021 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:  
 Анискина О.Г.

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель** освоения дисциплины— подготовка высококвалифицированных специалистов, владеющих знаниями и навыками в объёме, необходимом для разработки и эксплуатации гидродинамических моделей атмосферы, а также к использованию результатов гидродинамического моделирования для исследования атмосферных процессов.

#### Задачи:

- освоение принципов разработки и функционирования гидродинамических моделей атмосферы,
- освоение методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- освоение методов параметризации физических процессов и подготовки начальных данных;
- познание атмосферных процессов с использованием математического моделирования.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Гидродинамические модели атмосферы» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль –Моделирование атмосферных процессов относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается в 4 семестре очного обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Моделирование природных процессов», «Базы гидрометеорологических данных», «Нелинейные процессы и взаимодействия в атмосфере Земли», «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы», «Моделирование общей циркуляции атмосферы».

Параллельно с дисциплиной «Гидродинамические модели атмосферы» изучаются: «Обработка данных метеорологических измерений для математического моделирования атмосферных процессов», «Атмосферные процессы и возможности их модификации».

Результаты освоения дисциплины «Гидродинамические модели атмосферы» будут использованы при освоении дисциплин «Обработка данных метеорологических измерений для математического моделирования атмосферных процессов», при выполнении научно-исследовательской работы и при подготовке и защите выпускной квалификационной работы.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:  
ПК-2, ПК-3

Таблица 2.

#### Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-2. Способен разрабатывать физические и математические	ПК-2.1 -Применяет знания о происходящих физических процессах в системе океан-атмосфера для теоретической	<i>Знать:</i> - <i>Основные принципы поведения гидродинамического</i>

<p>модели исследуемых гидрометеорологических процессов</p>	<p>разработки модели физического процесса</p>	<p><i>моделирования атмосферных процессов;</i>  - возможности использования гидродинамических моделей в исследовании атмосферных процессов;  <i>Уметь:</i>  - Использовать численные методы при создании гидродинамических моделей атмосферы;  <i>Владеть:</i>  - Навыками формулировки и построения гидродинамических моделей атмосферы.</p>
	<p>ПК-2.2 - Описывает физические процессы статистическими или гидродинамическими методами</p>	<p><i>Знать:</i>  - физические процессы, определяющие состояние атмосферы;  <i>Уметь:</i>  - разрабатывать методы описания физических процессов;  <i>Владеть:</i>  - Навыками создания схем параметризаций физических процессов.</p>
<p>ПК-3. Способен организовывать и осуществлять численные эксперименты, оформлять и представлять результаты моделирования</p>	<p>ПК-3.1 Осуществляет подготовку начальных данных для исследования</p>	<p><i>Знать:</i>  - требования, предъявляемые к начальным данным;  <i>Уметь:</i>  - подготавливать данные для гидродинамического моделирования атмосферных процессов;  <i>Владеть:</i>  - навыками подготовки начальных данных для гидродинамических моделей различного назначения.</p>
	<p>ПК-3.2 Проводит численные эксперименты, анализирует их результаты</p>	<p><i>Знать:</i>  - принципы проведения численных экспериментов;</p>

		<p>- <i>принципы обработки результатов численных экспериментов;</i></p> <p><i>Уметь:</i></p> <p>-<i>организовывать численные эксперименты;</i></p> <p><i>Владеть:</i></p> <p>-<i>навыками организации численных экспериментов;</i></p> <p>- <i>навыками обработки результатов численных экспериментов.</i></p>
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

##### **4.1. Объем дисциплины**

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Таблица 4.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах, 2021 год набора

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
<b>Объем дисциплины</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа с обучающимися преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>42</b>
в том числе:	-
лекции	<b>14</b>
занятия семинарского типа:	
практические занятия	<b>28</b>
лабораторные занятия	
<b>Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:</b>	<b>66</b>
в том числе:	-
контрольная работа	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен 4 семестр</b>

## 4.2. Структура дисциплины

Таблица 5.

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	Гидродинамические модели атмосферы: современное состояние и перспективы	4	2	0	16	вопросы на лекции	ПК-2, ПК-3	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2
2	Гидродинамические системы мировых метеорологических центров	4	4	4	16	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-2, ПК-3	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2
3	Гидродинамические модели Гидрометцентра РФ	4	4	2	16	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-2, ПК-3	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2
4	Гидродинамическая мезомасштабная модель WRF	4	4	22	18	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-2, ПК-3	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК-3.1, ПК-3.2
	<b>ИТОГО</b>	-	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>			

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

#### 4.2.1 *Гидродинамические модели атмосферы: современное состояние и перспективы*

Гипотезы, применяемые в гидродинамических моделях атмосферы (статичность, квазистатичность, эластичность, негидростатичность и т.д.) Эволюция динамического ядра гидродинамических моделей атмосферы. Современные численные методы, используемые в гидродинамических моделях атмосферы. Системы координат, используемые в современных моделях атмосферы. Сетки, используемые в современных гидродинамических моделях атмосферы История развития гидродинамических прогнозов погоды. Пространственные и временные масштабы атмосферных движений. Тенденции современного гидродинамического моделирования. Бесшовные модели.

#### 4.2.2 *Гидродинамические системы мировых метеорологических центров*

Системы гидродинамического моделирования мировых центров (США, Англия, Канада, Франция, Япония, Германия, Австралия, Китай и Россия).

#### 4.2.3 *Гидродинамические модели Гидрометцентра РФ*

Глобальная оперативная спектральная модель Гидрометцентра России. Полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ. Региональная гидродинамическая модель Гидрометцентра России. Негидростатическая модель локального прогноза погоды Гидрометцентра России. Развитие методов прогноза погоды на основе статистической интерпретации гидродинамических моделей по технологии Гидрометцентра России.

#### 4.2.4 *Гидродинамическая мезомасштабная модель WRF*

Основные уравнения. Численные методы. Используемые системы координат. Используемые сетки. Описание адвекции. Прогностические и диагностические переменные. Выбор модельной области. Запуск модели. Начальные и граничные условия. Параметризации физических процессов. Обработка результатов моделирования.

### 4.4. Содержание практических занятий

Таблица 11.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Гидродинамические системы мировых метеорологических центров	2	2
3	Гидродинамические модели Гидрометцентра РФ	2	2
4	Гидродинамическая мезомасштабная модель WRF	22	2

### 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 приходить на консультации с преподавателем, для чего студент может использовать возможности удаленного доступа (Интернет).

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

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 - 60;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

### **6.1. Текущий контроль**

6.1.1. Вопросы на лекции. Студентам предлагаются вопросы по каждому разделу с последующим их домашним анализом и письменными ответами на следующей лекции.

6.1.2. Решение задач по разделам. Студентам предлагаются задачи для домашнего решения и последующей проверки.

6.1.3. Беседа со студентами (коллоквиум) перед выполнением каждой практической работы.

6.1.4. Прием и проверка отчета по каждой практической работе.

6.1.5. Студентам выдается индивидуальное задание с последующей проверкой и допуском к зачёту.

### **6.2. Промежуточная аттестация**

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

Форма проведения экзамена устно по билетам

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

ПК-3, ПК-2

1. Гипотезы, применяемые в гидродинамических моделях атмосферы (статичность, квазистатичность, эластичность, негидростатичность и т.д.)
2. Эволюция динамического ядра гидродинамических моделей атмосферы
3. . Современные численные методы, используемые в гидродинамических моделях атмосферы.
4. Системы координат, используемые в современных моделях атмосферы.
5. Сетки, используемые в современных гидродинамических моделях атмосферы
6. История развития гидродинамических прогнозов погоды.
7. Пространственные и временные масштабы атмосферных движений.
8. Тенденции современного гидродинамического моделирования.
9. Бесшовные модели.
10. Характеристики гидродинамической модели атмосферы.
11. Системы гидродинамического моделирования мировых центров (США, Англия, Канада, Франция, Япония, Германия, Австралия, Китай и Россия).
12. Глобальная оперативная спектральная модель Гидрометцентра России.
13. Полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ.
14. Региональная гидродинамическая модель Гидрометцентра России.
15. Негидростатическая модель локального прогноза погоды Гидрометцентра России.



16. Развитие методов прогноза погоды на основе статистической интерпретации гидродинамических моделей по технологии Гидрометцентра России.
17. Основные уравнения мезомасштабной модели WRF-ARW.
18. Численные методы, используемые в мезомасштабной модели WRF-ARW.
19. Используемые в мезомасштабной модели WRF-ARW системы координат.
20. Используемые в мезомасштабной модели WRF-ARW сетки.
21. Описание адвекции в мезомасштабной модели WRF-ARW.
22. Прогностические и диагностические переменные в мезомасштабной модели WRF-ARW.
23. Выбор модельной области в мезомасштабной модели WRF-ARW.
24. Запуск модели в мезомасштабной модели WRF-ARW.
25. Начальные и граничные условия в мезомасштабной модели WRF-ARW.
26. Параметризации физических процессов в мезомасштабной модели WRF-ARW.
27. Обработка результатов моделирования.

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 14.

Распределение баллов по видам учебной работы

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	0-14
Выполнение и отчёт по практической работе №1	0-10
Выполнение и отчёт по практической работе №2	0-6
Выполнение и отчёт по практической работе №3	0-40
Промежуточная аттестация	30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 48 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 16.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

### 7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Численные методы решения гидрометеорологических задач».

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

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Клемин, В.В. Динамика атмосферы 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. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П.Жидков, Г. М. Кобельков. - 7-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 636 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=365807>

#### **Дополнительная литература**

1. Репинская Р. П. , Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2001 [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-213172857.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf)
2. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеиздат, 1982
3. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1979
4. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-090589.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090589.pdf)
5. Белов Н. П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.

#### **8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**

1. 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)
2. Электронный ресурс Met Office Numerical Weather Prediction models. Режим доступа: <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>
3. Электронный ресурс Numerical Weather Prediction NWP. Режим доступа: <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>

#### **8.3. Перечень программного обеспечения**

1. windows 7 48818295 20.07.2011
2. office 2010 49671955 01.02.2012
3. windows 7 48130165 21.02.2011
4. office 2010 49671955 01.02.2012
5. windows 7 48130165 21.02.2011
6. office 2010 49671955 01.02.2012
7. GNUFortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
8. GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

#### **8.4. Перечень информационных справочных систем**

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>

#### **8.5. Перечень профессиональных баз данных**

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного

оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплины

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспеченностью доступа к архиву метеорологических карт и наблюдений

1. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
2. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
3. **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