

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

**Рабочая программа дисциплины  
ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**05.03.04 «Гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Метеорология**

Уровень:  
**Бакалавриат**


Форма обучения  
**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП

  
Абанников В.Н.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
\_19\_ мая \_\_\_\_\_ 2021 г., протокол № \_8\_

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
04 мая 2021 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:  
 Ермакова Т.С.:

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины «Подготовка данных для математического моделирования» - освоение обучающимися принципов построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, познакомить обучающихся с принципами совместного использования результатов измерений и моделирования.

### Задачи:

- освоение физических основ построения гидродинамических моделей атмосферы;
- освоение теоретических принципов разработки и функционирования гидродинамических моделей атмосферы;
- освоение математических основ методов пространственной интерполяции гидрометеорологических данных,
- освоение методов инициализации гидродинамических моделей атмосферы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Подготовка данных для математического моделирования» для направления подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология, профиль – Метеорология относится к дисциплинам по выбору Б1.В.ДВ.03.01 ОПОП, читается на 8 семестре для очной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Теория климата», «Методы работы с метеорологическими базами данных», «Компьютерные технологии в метеорологических исследованиях».

Параллельно с дисциплиной «Подготовка данных для гидродинамического моделирования» изучаются: «Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов», «Спутниковый диагноз атмосферных процессов».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ПК-5.1, ПК-5.2.

### Профессиональные компетенции

Таблица 1.

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-5 Способен систематизировать метеорологическую информацию, полученную различными способами	ПК-5.1 Использует различные источники (данные наблюдений, экспериментов и результатов моделирования) и методы получения информации о конкретном явлении или процессе	<i>Знать:</i> – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического моделирования атмосферных физических и химических процессов;  <i>Уметь:</i> - применять современные численные методы и другие количественные технологии в

		<p>научных исследованиях и прогностических разработках;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться численными моделями;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способами учета взаимодействия физических и химических процессов в нижней атмосфере.</li> </ul>
	<p>ПК-5.2 Оценивает качество полученной метеорологической информации.</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы параметризации процессов подсеточного масштаба.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать алгоритмы усвоения данных гидродинамическими моделями атмосферы;</li> <li>- анализировать результаты модельных экспериментов.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;</li> <li>- методами модельной ассимиляции гидрометеорологических данных, повышающих качество моделирования атмосферных процессов.</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах  
2021 года набора

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Объем дисциплины</b>		
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>28</b>	<b>12</b>
в том числе:	-	
лекции	<b>14</b>	<b>6</b>
занятия семинарского типа:		
практические занятия		
лабораторные занятия	<b>28</b>	<b>6</b>
<b>Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:</b>	<b>66</b>	<b>96</b>
в том числе:	-	
курсовая работа		
контрольная работа		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

##### 4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения  
2021 года набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные работы	СРС			
<b>1</b>	Методы про- странственной интерполяции гидрометеоро-	<b>8</b>	2	4	6	Опрос на лекции. Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного	ПК-5	ПК-5.1

	логических данных					задания		
2	Объективное сравнение результатов моделирования и наблюдений	8	2	4	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1
3	Метод последовательных приближений	8	2	4	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
4	Статистическая структура метеорологических полей. Статистическая интерполяция гидрометеорологических данных	8	2	4	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
5	Вероятностные методы ассимиляции данных	8	2	4	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
6	Проблема инициализации гидродинамических моделей	8	2	4	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
7	Ре-анализ гидрометеорологических данных	8	2	4	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
<b>ИТОГО:</b>			<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>	-	-	

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения  
2021 года набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Год	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные работы	СРС			
1	Методы про-	3	2	2	32	Опрос на лекции. Контрольное	ПК-5	ПК-5.1

	пространственной интерполяции гидрометеорологических данных					расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания		
2	Метод последовательных приближений	3	2	2	32	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
3	Проблема инициализации гидродинамических моделей	3	2	2	32	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2
	<b>ИТОГО:</b>		6	6	<b>96</b>	-	-	

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

#### 4.3.1 Методы пространственной интерполяции гидрометеорологических данных

Проблема прогноза погоды как детерминистская задача с начальными условиями. Организация системы наблюдений. Анализ результатов наблюдений как подготовка к прогностической части.

Значение пространственного анализа полей гидрометеорологических данных. Линейные и нелинейные методы интерполяции. Интерполяция с использованием базисных функций. Сплайн интерполяция.

#### 4.3.2 Объективное сравнение результатов моделирования и наблюдений

Соотносимость результатов наблюдений и моделирования. Ошибки наблюдений и моделирования. Сравнение ошибок наблюдений и моделирования. Последовательная ассимиляция результатов измерений. Базовое уравнение обновления результатов моделирования с учетом результатов измерений на основе сравнения ошибок наблюдений и моделирования.

#### 4.3.3 Метод последовательных приближений

Использование предварительной информации для ассимиляции и ее последовательное уточнение на основе анализа данных измерений. Использование в качестве первого приближения климатологических значений, прогноза с предыдущего модельного шага и их комбинации. Последовательное уточнение результатов ассимиляции.

#### 4.3.4 Статистическая структура метеорологических полей

Пространственные и временные связи между метеорологическими переменными. Ошибки наблюдений и моделирования. Связи между ошибками и ковариационные матрицы ошибок. Методы определения ковариационных матриц.

Постановка задачи статистической интерполяции. Использование априорных и апостериорных весов. Проблема минимизации матрицы ошибок. Ошибка анализа в статистической интерполяции.

### 4.3.7 Вероятностные методы ассимиляции данных

Вероятностный подход к ассимиляции данных. Проблема нахождения минимальных и максимальных значений быстроменяющихся функций. Постановка задачи вариационной ассимиляции данных. Построение функционалов качества применительно к проблеме инициализации атмосферных моделей.

#### 4.3.11 Проблема инициализации гидродинамических моделей

Пространственные и временные масштабы атмосферных процессов. Синоптические и планетарные процессы в проблеме ассимиляции атмосферных данных. Проблема фильтрации шумов в ассимиляционных моделях.

#### 4.3.13 Ре-анализ гидрометеорологических данных

Применение методов ассимиляции для оперативного прогноза погоды и ретроспективных расчетов. Особенности ассимиляции данных наблюдений при ретроспективных расчетах. Преимущества ре-анализа по сравнению с модельными расчетами без ассимиляции результатов наблюдений. Погрешности и неточности данных ре-анализа. Существующие базы данных ре-анализа ERA-Interim, MERRA, JRA, MetOffice b lh/

### 4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Линейная интерполяция метеорологических полей	4	4
2	Квадратичная интерполяция метеорологических полей	4	4
3	Интерполяция метеорологических полей сплайнами	4	4
4	Полиномиальная интерполяция метеорологических полей	4	4
5	Оптимальная интерполяция метеорологических полей	4	4
6	Метод наискорейшего спуска для метеорологических полей	4	4
7	Применение фильтра Калмана для метеорологических полей	4	4

Таблица 6.

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической
-------------------	-------------------------------	-------------	--------------------------------

			<b>ПОДГОТОВКИ</b>
<b>1</b>	Линейная интерполяция метеорологических полей	2	2
<b>2</b>	Квадратичная интерполяция метеорологических полей	2	2
<b>3</b>	Интерполяция метеорологических полей сплайнами	2	2

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

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 - 70;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 7;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 23.

#### **6.1. Текущий контроль**

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

#### **6.2. Промежуточная аттестация**

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

Форма проведения экзамена: письменно по билетам

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

##### ПК-5.1

1. Концепция и задачи модельной ассимиляции данных;
2. Субъективный анализ метеорологических полей и первые шаги развития объективного анализа;
3. Ассимиляции данных как часть прогностической системы;
4. Среднеквадратические оценки в метеорологии;
5. Итерационный цикл в методе последовательных уточнений;
6. Однокомпонентная оптимальная интерполяция;
7. Ошибка анализа в оптимальной интерполяции;
8. Безразмерная форма уравнений оптимальной интерполяции;
9. Метод оптимальной интерполяции для однородных условий и независимых измерений;
10. Сравнение разных случаев двух наблюдений в оптимальной интерполяции;



11. Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции;
12. Статистические характеристики метеорологических полей;

#### ПК-5.2

1. Линейная и квадратичная интерполяция функции, заданной в узлах;
2. Интерполяция сплайнами;
3. Локальная полиномиальная аппроксимация метеополей;
4. Многомерная интерполяция с разложением по базисным функциям
5. Метод динамической релаксации (nudging);
6. Метод последовательных уточнений;
7. Применение оптимальной интерполяции к случаю сети скученных станций;
8. Вероятностный подход к ассимиляции данных;

#### **Курсовая работа**

Выполнение курсовой работы дисциплиной не предусмотрено.

#### **6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания**

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	0-7
Опрос на лекциях	0-14
Контрольное расчётное задание №1	0-8
Контрольное расчётное задание №2	0-8
Контрольное расчётное задание №3	0-8
Контрольное расчётное задание №4	0-8
Контрольное расчётное задание №5	0-8
Контрольное расчётное задание №6	0-8
Контрольное расчётное задание №7	0-8
Промежуточная аттестация	0-23
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

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

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
Зачтено	40-100
Незачтено	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 и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Подготовка данных для гидродинамического моделирования».

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

##### **8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

##### **Основная**

1. Evensen G. Data assimilation: The ensemble Kalman filter. Berlin: Springer, 2007.
2. Kalnay E. Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 2003.
3. Смышляев С.П. Методические указания по дисциплине «Ассимиляция гидрометеорологических данных». Издательство РГГМУ. 2016. – 22 стр.

#### **Дополнительная литература**

1. Daley R. Atmospheric data analysis – Cambridge University Press, 1992
2. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.. Климатическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.
3. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Книга 1. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 340 с.
4. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 360 с.

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

<http://hfip.psu.edu/EDA2010/>  
<http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>  
<http://www.ecmwf.int/>  
<https://mipt.ru/education/chair/mathematics/upload/99f/algsaasimulation.pdf>

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

1. Microsoft Excel
2. Fortran

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

1. Библиотека РГГМУ

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

Профессиональные базы данных не используются

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

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающим 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, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспеченностью доступа к архиву метеорологических карт и наблюдений

**Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

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

**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