

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы магистратуры по направлению  
подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Моделирование атмосферных процессов**


Квалификация:  
**Магистр**


Форма обучения  
**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Моделирование атмосферных  
процессов»

 Анискина О.Г.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
 22.05 2020 г., протокол № 1

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
29 мая 2020 г., протокол № 14  
И.о. зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:  
 Смышляев С.П.

**Составил:** С.П. Смышляев, д. ф.-м. н., профессор кафедры метеорологических прогнозов  
РГГМУ

© Смышляев С.П. 2020  
© РГГМУ, 2020.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» - подготовка магистров по направлению 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, обучающихся по профилю подготовки – Моделирование атмосферных процессов, владеющих знаниями в объеме, необходимом для глубокого понимания принципов совместного использования результатов измерений и моделирования, способных грамотно использовать как результаты моделирования, так и наблюдения.

Основная задача дисциплины «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» связана с освоением:

- математических основ методов пространственной интерполяции гидрометеорологических данных,
- статистической структуры гидрометеорологических полей,
- численных методов объективного сравнения результатов измерений и моделирования,
- методов инициализации гидродинамических моделей атмосферы.

Дисциплина изучается студентами очной форм обучения, обучающимися по программе подготовки академического бакалавра на метеорологическом факультете.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки Моделирование атмосферных процессов относится к дисциплинам по выбору общеобразовательного цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин «Физика», «Математика», «Информатика», «Иностранный язык».

Паралельно с дисциплиной «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» изучаются «Численные методы математического моделирования (Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов)», «Численные методы, используемые в атмосферных моделях».

Дисциплина «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» является базовой для освоения дисциплин «Моделирование атмосферных процессов», «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОК-1	способность к эффективной коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке
ОПК-6	способность к самообразованию, саморазвитию и самоконтролю, приобретению новых знаний, повышению своей квалификации
ОПК-1	способностью представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики

<b>ОПК-2</b>	способностью анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
<b>ПК-2</b>	способностью прогнозировать основные параметры атмосферы, океана и вод суши на основе проведенного анализа имеющейся информации

В результате изучения дисциплины «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» формируются следующие компетенции:

**Знать:**

- основные законы физики и математики;
- методы математического описания фундаментальных законов;
- методы численного решения уравнений в частных производных;
- методы параметризации процессов подсеточного масштаба;
- методы решения систем алгебраических уравнений;

**Уметь:**

- разрабатывать алгоритмы усвоения данных гидродинамическими моделями атмосферы;
- выбирать оптимальные схемы ассимиляции гидрометеорологических данных;
- разрабатывать методологию модельных численных экспериментов; анализировать результаты модельных экспериментов

**Иметь представление** о перспективных направлениях развития методов модельной ассимиляции гидрометеорологических данных, повышающих качество моделирования атмосферных процессов.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы» сведены в таблице.

**Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 минимальный	4 базовый	5 продвинутый
Третий этап (уровень) ОПК-1	<b>Владеть:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Не владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Слабо владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Слабо владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Свободно владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.
	<b>Уметь:</b> - использовать основные законы физики и гидротермодинамики для описания динамики атмосферы; - создавать математические модели атмосферных процессов; - объяснять процессы, происходящие в различных слоях атмосферы (приземном, пограничном и свободной атмосфере) с помощью полученных уравнений.	<b>Не умеет:</b> - использовать основные законы физики и гидротермодинамики для описания динамики атмосферы; - создавать математические модели атмосферных процессов; - объяснять процессы, происходящие в различных слоях атмосферы (приземном, пограничном и свободной атмосфере) с помощью полученных уравнений.	<b>Затрудняется:</b> - использовать основные законы физики и гидротермодинамики для описания динамики атмосферы; - создавать математические модели атмосферных процессов; - объяснять процессы, происходящие в различных слоях атмосферы (приземном, пограничном и свободной атмосфере) с помощью полученных уравнений.	<b>Хорошо умеет:</b> - использовать основные законы физики и гидротермодинамики для описания динамики атмосферы; - создавать математические модели атмосферных процессов; - объяснять процессы, происходящие в различных слоях атмосферы (приземном, пограничном и свободной атмосфере) с помощью полученных уравнений.	<b>Отлично умеет:</b> - использовать основные законы физики и гидротермодинамики для описания динамики атмосферы; - создавать математические модели атмосферных процессов; - объяснять процессы, происходящие в различных слоях атмосферы (приземном, пограничном и свободной атмосфере) с помощью полученных уравнений.
	<b>Знать:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности преобразования различных	<b>Не знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности преобразования различных	<b>Плохо знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности преобразования различных форм энергии в атмосфере.	<b>Хорошо знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности	<b>Отлично знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности

	форм энергии в атмосфере.	форм энергии в атмосфере.		преобразования различных форм энергии в атмосфере.	преобразования различных форм энергии в атмосфере.
Второй этап (уровень) ОПК-5	<b>Владеть:</b> - анализом мезомасштабных явлений, - навыками работы с электронными базами данных	<b>Не владеет:</b> - анализом мезомасштабных явлений, - навыками работы с электронными базами данных	<b>Недостаточно владеет:</b> - анализом мезомасштабных явлений, - навыками работы с электронными базами данных	<b>Хорошо владеет:</b> - анализом мезомасштабных явлений, - навыками работы с электронными базами данных	<b>Свободно владеет:</b> - анализом мезомасштабных явлений, - навыками работы с электронными базами данных
	<b>Уметь:</b> грамотно обрабатывать и систематизировать имеющийся архивный материал и данные параметров атмосферы	<b>Не умеет:</b> обрабатывать и систематизировать имеющийся архивный материал и данные параметров атмосферы	<b>Затрудняется:</b> обрабатывать и систематизировать имеющийся архивный материал и данные параметров атмосферы	<b>Умеет с помощью преподавателя:</b> обрабатывать и систематизировать имеющийся архивный материал и данные параметров атмосферы	<b>Умеет самостоятельно:</b> грамотно обрабатывать и систематизировать имеющийся архивный материал и данные параметров атмосферы
	<b>Знать:</b> основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.	<b>Не знает:</b> основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.	<b>Плохо знает:</b> основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.	<b>Хорошо знает:</b> основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.	<b>Отлично знает:</b> основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.
Второй этап (уровень) ОПК-6	<b>Владеть:</b> методами решения стандартных задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности	<b>Не владеет:</b> методами решения стандартных задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности	<b>Недостаточно владеет:</b> методами решения стандартных задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности	<b>Хорошо владеет:</b> методами решения стандартных задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности	<b>Свободно владеет:</b> методами решения стандартных задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности
	<b>Уметь:</b> Решать задачи ассимиляции данных	<b>Не умеет:</b> Решать задачи ассимиляции данных	<b>Затрудняется:</b> Решать задачи ассимиляции данных гидрометеорологических	<b>Умеет с помощью преподавателя:</b> Решать задачи ассимиляции	<b>Умеет самостоятельно:</b> Решать задачи ассимиляции

	гидрометеорологических измерений	гидрометеорологических измерений	измерений	данных гидрометеорологических измерений	данных гидрометеорологических измерений
	<b>Знать:</b> основные принципы ассимиляции данных гидрометеорологических измерений	<b>Не знает:</b> основные принципы ассимиляции данных гидрометеорологических измерений	<b>Плохо знает:</b> основные принципы ассимиляции данных гидрометеорологических измерений	<b>Хорошо знает:</b> основные принципы ассимиляции данных гидрометеорологических измерений	<b>Отлично знает:</b> основные принципы ассимиляции данных гидрометеорологических измерений
Второй этап (уровень) ППК-1	<b>Владеть:</b> Методами получения и контроля качества оперативных гидрометеорологических данных.	<b>Не владеет:</b> Методами получения и контроля качества оперативных гидрометеорологических данных.	<b>Недостаточно владеет:</b> Методами получения и контроля качества оперативных гидрометеорологических данных.	<b>Хорошо владеет:</b> Методами получения и контроля качества оперативных гидрометеорологических данных.	<b>Свободно владеет:</b> Методами получения и контроля качества оперативных гидрометеорологических данных.
	<b>Уметь:</b> применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными	<b>Не умеет:</b> применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными	<b>Затрудняется:</b> применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными	<b>Умеет с помощью преподавателя:</b> применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными	<b>Умеет самостоятельно:</b> применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными
	<b>Знать:</b> основные принципы контроля качества данных измерений	<b>Не знает:</b> основные принципы контроля качества данных измерений	<b>Плохо знает:</b> основные принципы контроля качества данных измерений	<b>Хорошо знает:</b> основные принципы контроля качества данных измерений	<b>Отлично знает:</b> основные принципы контроля качества данных измерений
Второй этап (уровень) ПК-2	<b>Владеть:</b> Навыками составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований.	<b>Не владеет:</b> Навыками составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований	<b>Недостаточно владеет:</b> Навыками составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований	<b>Хорошо владеет:</b> Навыками составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований	<b>Свободно владеет:</b> Навыками составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований
	<b>Уметь:</b> излагать и критически анализировать базовую	<b>Не умеет:</b> излагать и критически анализировать базовую	<b>Затрудняется:</b> излагать и критически анализировать базовую	<b>Умеет с помощью преподавателя:</b> излагать и критически	<b>Умеет самостоятельно:</b> излагать и критически

	информацию	информацию	информацию	анализировать базовую информацию	анализировать базовую информацию
	<p><b>Знать:</b> основные принципы составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований.</p>	<p><b>Не знает:</b> основные принципы составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований.</p>	<p><b>Плохо знает:</b> основные принципы составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований.</p>	<p><b>Хорошо знает:</b> основные принципы составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований.</p>	<p><b>Отлично знает:</b> основные принципы составления разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований.</p>



#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	
	2020 г. набора	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144</b>	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>56</b>	
в том числе:		
Лекции	<b>28</b>	
практические занятия	<b>28</b>	
лабораторные занятия	<b>0</b>	
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>88</b>	
в том числе:		
курсовая работа	-	
контрольная работа	-	
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>зачёт</b>	

#### 4.1. Структура дисциплины Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семиры Лабора. Практич.	Самост. работа			
1	Методы пространственной интерполяции гидрометеорологических данных	7	2	2	4	Тестовые вопросы		ОПК-1 ОПК-3 ОК-3 ПК-3
2	Объективное сравнение результатов моделирования и наблюдений	7	2	2	4	Тестовые вопросы		ОПК-1 ППК-1 ОК-2 ПК-3
3	Метод последовательных приближений	7	2	2	4	Тестовые вопросы		ОПК-1 ОПК-2 ОК-2 ОК-3
4	Статистическая структура метеорологических полей	7	2	2	4	Тестовые вопросы		ППК-1 ОПК-3 ОК-5 ПК-3
5	Статистическая	7	2	2	4	Тестовые вопросы		ОПК-1

	интерполяция гидрометеорологических данных							ОПК-2 ОК-2 ОК-3
<b>6</b>	Одновременная интерполяция нескольких метеорологических переменных	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ППК-1 ПК-3 ОК-5
<b>7</b>	Вероятностные методы ассимиляции данных	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ППК-1 ОК-3 ОК-5 ПК-3
<b>8</b>	Дискретные и непрерывные методы ассимиляции данных	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ОПК-3 ОК-2 ПК-3
<b>9</b>	Использование фоновых оценок для ассимиляции гидрометеорологических данных	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ППК-1 ОК-2 ОК-3
<b>10</b>	Методы обновления фоновой информации при ассимиляционном цикле	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ОПК-3 ПК-3
<b>11</b>	Проблема инициализации гидродинамических моделей	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ППК-1 ОК-5
<b>12</b>	Использование методов релаксации для ассимиляции гидрометеорологической информации	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ОПК-3 ОК-3 ОК-5
<b>13</b>	Ре-анализ гидрометеорологических данных	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-3 ППК-1 ПК-3
<b>14</b>	Перспективы развития методов модельной ассимиляции результатов наблюдений.	<b>7</b>	2	2	8	Тестовые вопросы		ОПК-1 ППК-1 ПК-3 ОК-5
<b>ИТОГО:</b>			<b>28</b>	<b>28</b>	<b>88</b>			

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1 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.

#### **4.2.2 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.

#### **4.2.3 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.

#### **4.2.4 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.

#### **4.2.5 Статистическая интерполяция гидрометеорологических данных**

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

#### **4.2.6 Одновременная интерполяция нескольких метеорологических переменных**

Задача оптимального оценивания нескольких метеорологических переменных. Матричная реализация алгоритма оптимальной интерполяции нескольких метеорологических переменных.

#### **4.2.7 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.

#### **4.2.8 Дискретные и непрерывные методы ассимиляции данных**

Проблема несовпадения времени измерений и результатов моделирования. Окно ассимиляции. Учет изменения ассимилируемой величины в течение цикла ассимиляции. Четырехмерные методы ассимиляции данных.

#### **4.2.9 Использование фоновых оценок для ассимиляции гидрометеорологических данных**

Проблема соотношения точности измерений и моделирования. Фоновые оценки связей между метеорологическими величинами. Роль корректной оценки фоновых ошибок.

#### **4.2.10 Методы обновления фоновой информации при ассимиляционном цикле**

Влияние изменчивости фоновых оценок на качество ассимиляции метеорологических данных. Концепция обновления фоновых оценок в процессе ассимиляции. Методы использования результатов ассимиляции для обновления ковариационных матриц фоновых ошибок.

#### **4.2.11 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.

#### **4.2.12 Использование методов релаксации для ассимиляции гидрометеорологической информации**

Анализ различий между результатами измерений и моделирования. Физический подход к оценке различий измерений и расчетов. Корректировка уравнений модели с учетом измерений.

#### **4.2.13 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/

#### **4.2.14 Перспективы развития методов модельной ассимиляции результатов наблюдений**

Методы ассимиляции в оперативных моделях прогноза погоды. Вычислительные сложности использования методов ассимиляции. Ансамблевые подходы к оценкам результатов моделирования. Перспективные методы ассимиляции гидрометеорологической информации.

### **4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1	Линейная интерполяция метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-1,

2	2	Квадратичная интерполяция метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-3, ППК-1
3	3	Интерполяция метеорологических полей сплайнами	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-3, ПК-3
4	4	Полиномиальная интерполяция метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-3, ОК-3
5	5	Оптимальная интерполяция метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-3, ОК-5,
6	6	Метод наискорейшего спуска для метеорологических полей	Практическая работа	ППК-1, ОК-3, ОК-5
7	7	Применение фильтра Калмана для метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-1, ППК-1, ПК-3

Семинарских и лабораторных занятий учебным планом не предусмотрено.

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

**5.1. Текущий контроль**

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

5.1.2. Беседа со студентами (коллоквиум)

5.1.3. Прием и проверка отчета по каждой практической работе.

**а) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля**

- 1) Какие задачи решаются ассимиляцией гидрометеорологических данных?
  - а) Анализа результатов наблюдений
  - б) Подготовка начальных данных для гидродинамической модели
  - с) Прогноза погоды
  - д) Приспособления измерений для анализа
  
- 2) Чем отличаются субъективный и объективный анализ метеорологических полей?
  - а) Автоматизации процесса анализа независимо от конкретного исследователя
  - б) Использованием или неиспользованием компьютера

- c) Выбором метода анализа на усмотрение исследователя или из общих принципов
  - d) Выбором данных на усмотрение исследователя
- 3) Где применяются среднеквадратические оценки в метеорологии
- a) Для вычисления средних квадратов измерений
  - b) Используются квадраты площади, на которой усредняются результаты измерений
  - c) На основе предположения нормальности распределения минимизируется сумма квадратов отклонений
  - d) В квадрат возводятся отклонения измерений от моделирования
- 4) Метод динамической релаксации применяется для
- a) уменьшения ошибок ассимиляции
  - b) сближения результатов моделирования и измерений
  - c) усиления роли динамических процессов при ассимиляции результатов измерений
  - d) уменьшения ошибок моделирования
- 5) Идея метода последовательных уточнений заключается в
- a) уточнении результатов измерений путем сравнения с соседними станциями
  - b) многократном уточнении первого приближения анализа
  - c) введения более мелких шагов по времени при моделировании
  - d) увеличении количества измерений на станциях
- 6) Что есть общего в оптимальной интерполяции и вариационном анализе?
- a) Ничего.
  - b) Ничем не отличаются.
  - c) Результат анализа.
  - d) Метод ассимиляции.
- 7) В трехмерном вариационном анализе
- a) Минимизируется расхождение между анализом, измерениями и моделированием во временном окне ассимиляции
  - b) Суммируется расхождение между измерениями и моделированием по трем направлениям
  - c) Оценка функционала качества осуществляется три раза
  - d) Рассчитываются три разные вариации

#### **б). Примерная тематика рефератов, эссе, докладов**

Выполнение рефератов, эссе и докладов по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

#### **в). Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания**

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

### **5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы**

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, предоставленные преподавателем презентации лекций. Освоение материалов и выполнение практических работ проходит при регулярных консультациях с преподавателем, для чего предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

### 5.3. Промежуточный контроль: экзамен

#### Перечень вопросов к экзамену:

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. Линейная и квадратичная интерполяция функции, заданной в узлах;
5. Интерполяция сплайнами;
6. Локальная полиномиальная аппроксимация метеополей;
7. Среднеквадратические оценки в метеорологии;
8. Многомерная интерполяция с разложением по базисным функциям
9. Метод динамической релаксации (nudging);
10. Метод последовательных уточнений;
11. Итерационный цикл в методе последовательных уточнений;
12. Однокомпонентная оптимальная интерполяция;
13. Ошибка анализа в оптимальной интерполяции;
14. Безразмерная форма уравнений оптимальной интерполяции;
15. Метод оптимальной интерполяции для однородных условий и независимых измерений;
16. Сравнение разных случаев двух наблюдений в оптимальной интерполяции;
17. Применение оптимальной интерполяции к случаю сети скученных станций;
18. Статистические характеристики метеорологических полей;
19. Метод наблюдений для определения ковариационных матриц;
20. Методы определения ковариационных матриц по результатам моделирования;
21. Двухкомпонентная оптимальная интерполяция в точке;
22. Векторная двухкомпонентная оптимальная интерполяция;
23. Многокомпонентная оптимальная интерполяция;
24. Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции;
25. Вероятностный подход к ассимиляции данных;
26. Постановка задачи вариационной ассимиляции данных;
27. Эквивалентность оптимальной интерполяции и вариационного анализа;
28. Постановка задачи трехмерного вариационного анализа;
29. Использование метода наискорейшего спуска для минимизации функционала качества
30. Поиск направления на минимум при минимизации функционала качества в трехмерном вариационном анализе
31. Постановка задачи четырехмерной ассимиляции;
32. Функционал качества в четырехмерной ассимиляции;
33. Минимизация функционала качества четырехмерной вариационной ассимиляции;
34. Оценка градиента функционала качества в четырехмерном анализе;
35. Задача ассимиляции как проблема фильтрации;
36. Формулировка алгоритма фильтра Калмана для ассимиляции г/м полей.
37. Расширенный фильтр Калмана; Схема организации вычислений в фильтре Калмана;
38. Ансамблевый фильтр Калмана;

#### Образцы билетов к экзамену

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Метеорологический факультет  
Кафедра метеорологических прогнозов

**БИЛЕТ № 1**

1. Концепция и проблемы модельной данных;
2. Схема организации вычислений в фильтре Калмана;

---

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Метеорологический факультет  
Кафедра метеорологических прогнозов  
Ассимиляция данных гидродинамическими моделями атмосферы

**БИЛЕТ № 5**

- 1 Среднеквадратические оценки в метеорологии
2. Задача ассимиляции как проблема фильтрации

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) основная литература:**

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

**б) дополнительная литература:**

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

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

<http://hftp.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/algsaasimilation.pdf>



## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### Вид учебных занятий

### Организация деятельности студента

<b>Лекции</b> (темы №1-14)	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий, технических характеристик с помощью интернет ресурсов с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет</p>
<b>Практические занятия</b> (темы №1-7)	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом. Решение тестовых заданий, решение задач и другие виды работ.</p>
<b>Подготовка к зачету</b>	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету и т.д.</p>

## 8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1 и 6	<p><u>информационные технологии</u></p> <p>1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций,</p> <p>2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</p> <p>3. использование архивов данных, ассимилированных в модель UK Met Office и MERRA2, пакет прикладных программ, предназначенных для анализа и диагностики волновых процессов и нелинейных взаимодействий в атмосфере.</p> <p><u>образовательные технологии</u></p> <p>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</p> <p>2. сочетание индивидуального и</p>	<p>1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint.</p> <p>2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a></p> <p>3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов: <a href="http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Динамика/">http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Динамика/</a> <a href="http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Нелинейные_процессы/">http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Нелинейные_процессы/</a></p> <p>4. Данные ре-анализов NASA: <a href="http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/">http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/</a></p> <p>5. Данные ре-анализов NASA: <a href="http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/document_s/MERRA_File_Specification.pdf">http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/document_s/MERRA_File_Specification.pdf</a></p> <p>6. Данные ре-анализов UK MET OFFICE <a href="http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assisim">http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assisim</a></p> <p>7. Данные ре-анализов UK MET OFFICE <a href="http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/index">http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/index</a></p>

	коллективного обучения	8. Программный пакет GrADs, предназначенный для визуализации четырехмерных (долгота, широта, высота и время) распределений метеорологических полей 9. Трехмерная модель общей циркуляции средней и верхней атмосферы 10. Использование сайта лаборатории моделирования средней и верхней атмосферы и кафедры метеорологических прогнозов: <a href="http://ra.rshu.ru">http://ra.rshu.ru</a> , <a href="http://ra.rshu.ru/mp">http://ra.rshu.ru/mp</a> .
--	------------------------	---

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории 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 обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

## 10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.