

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**УСВОЕНИЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМИ  
МОДЕЛЯМИ**

Основная профессиональная образовательная программа высшего  
образования программы магистратуры по направлению подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Прикладная метеорология**

Квалификация:  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная/Заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная метеорология»

 Дробжева Я.В.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
20 февраля 2018 г., протокол № 7  
Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:  
 Смышляев С.П.

Санкт-Петербург 2018

Составил: Смышляев С. П. – профессор кафедры метеорологических прогнозов  
Российского государственного гидрометеорологического университета, д. физ.-мат. наук.

© Смышляев С. П., 2018  
© РГГМУ, 2018.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями» – подготовка магистров, владеющих знаниями в объёме, необходимом для ассимиляции результатов гидрометеорологических измерений моделями нижней и средней атмосферы Земли.

Основные задачи дисциплины связаны с освоением:

- основных законов физики и химии,
- численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений в конечно-разностном представлении,
- логики компьютерного моделирования эволюционных проблем,
- методов компьютерного моделирования природных и антропогенных процессов изменчивости содержания газовых примесей в земной атмосфере.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, обучающихся по профилю подготовки – Прикладная метеорология относится к дисциплинам по выбору.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин «Дополнительные главы математики», «Численные методы, используемые в атмосферных моделях», «Иностранный язык».

Параллельно с дисциплиной «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями» изучаются «Моделирование природных процессов», «Основные закономерности общей циркуляции атмосферы».

Дисциплина «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями» может быть использована при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

<i>Код компетенции</i>	<i>Компетенция</i>
<b>ОПК-4</b>	Способностью ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований.
<b>ОПК-5</b>	Готовностью делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.
<b>ПК-1</b>	Пониманием и творческим использованием в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин.
<b>ПК-4</b>	Готовностью использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах

В результате изучения дисциплины «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями» 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

#### Владеть:

- методами статистической обработки и анализа данных наблюдений, используемыми в метеорологии и климатологии.
- основными компьютерными программами, позволяющими оптимизировать обработку данных и подготовить отчёт о проделанных научных исследованиях
- методами решения системы уравнений гидродинамики атмосферы;
- методами решения задач параметризации атмосферных процессов

#### 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 «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки освоения компетенцией (описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Объем дисциплины  Год набора	Всего часов	
	Очная форма обучения	
	Очная форма обучения 2017,2018 гг.набора	Заочная форма обучения 2016,2017,2018 гг. набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>108</b>	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>32</b>	<b>12</b>
в том числе:		
лекции	<b>16</b>	<b>4</b>
лабораторные занятия		
практические занятия	<b>16</b>	<b>8</b>
семинарские занятия		
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>76</b>	<b>96</b>
в том числе:		
курсовая работа		
контрольная работа		
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>

#### 4.1. Структуры дисциплины

##### Очная форма обучения (2017,2018 гг.набора)

№ 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,	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинары Лабора- Практика	Самост. Работа			
1	Проблема инициализации атмосферных моделей	3	2	0	2	Вопросы на лекции	1	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Полиномиальная аппроксимация метеорологических полей	3	0	2	4	вопросы по практической работе	0	ОПК-4
3	Метод последовательных уточнений	3	2	0	4	Вопросы на лекции	1	ОПК-4 ПК-4
4	Оптимальная	3	2	0	2	Вопросы на	1	ОПК-4

	интерполяция					лекции		ПК-1
5	Частные случаи метода оптимальной интерполяции	3	0	2	2	вопросы по практической работе	1	ОПК-4 ППК-1
6	Статистическая структура метеорологических полей	3	2	2	4	вопросы по практической работе	3	ОПК-5 ПК-1
7	Многомерная оптимальная интерполяция	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ППК-1
8	Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции	3	0	2	4	вопросы по практической работе	1	ОПК-4 ОПК-5
9	Постановка задачи вариационной ассимиляции данных	3	2	2	2	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-4
10	Трехмерный вариационный анализ	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
11	Четырехмерный вариационный анализ	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-5 ПК-4
12	Использование фильтра Калмана для усвоения гидрометеорологических данных	3	2	2	2	Вопросы на лекции	3	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
13	Ансамблевый подход к применению фильтра Калмана	3	2	0	8	письменный опрос	1	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
14	Инициализация атмосферных моделей	3	2	2	2	вопросы по практической работе	3	ОПК-5 ПК-4
15	Инициализация по нормальным модам	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
16	Модельный цикл усвоения данных	3	0	2	8	письменный опрос	1	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
	<b>ИТОГО:</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>76</b>		18	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета					<b>108 часов</b>			

**Заочная форма обучения (2016, 2017, 2018 года набора)**

№ 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,	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинары Лаборат. Практика	Самост. Работа			
1	Проблема инициализации атмосферных моделей	3	0	0	2	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК- 5ПК-1 ПК-4
2	Полиномиальная аппроксимация метеорологических полей	3	0	2	4	вопросы по практической работе	0	ОПК-4
3	Метод последовательных уточнений	3	0	0	4	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ПК-4
4	Оптимальная интерполяция	3	2	0	4	Вопросы на лекции	1	ОПК-4 ПК-1
5	Частные случаи метода оптимальной интерполяции	3	0	0	4	вопросы по практической работе	0	ОПК-4 ППК-1
6	Статистическая структура метеорологических полей	3	0	2	4	вопросы по практической работе	0	ОПК-5 ПК-1
7	Многомерная оптимальная интерполяция	3	0	0	12	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ППК-1
8	Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции	3	0	2	6	вопросы по практической работе	0	ОПК-4 ОПК-5
9	Постановка задачи вариационной ассимиляции данных	3	0	0	6	Вопросы на лекции	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-4
10	Трехмерный вариационный анализ	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
11	Четырехмерный вариационный анализ	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-5 ПК-4
12	Использование фильтра Калмана для усвоения	3	2	0	4	Вопросы на лекции	1	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1

	гидрометеорологические данные							ПК-4
13	Ансамблевый подход к применению фильтра Калмана	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
14	Инициализация атмосферных моделей	3	0	2	4	вопросы по практической работе	0	ОПК-5 ПК-4
15	Инициализация по нормальным модам	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
16	Модельный цикл усвоения данных	3	0	0	8	письменный опрос	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
	<b>ИТОГО:</b>		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>92</b>		<b>2</b>	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета 4 часа					<b>108 часов</b>			

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### *4.2.1 Проблема инициализации атмосферных моделей*

Принципы подхода к обработке результатов метеорологических измерений. Проблема прогноза погоды как детерминистская задача с начальными условиями. Организация системы наблюдений. Анализ или диагноз результатов наблюдений. Прогностическая часть.

Понятие модельного усвоения результатов наблюдений. Субъективный анализ метеорологических полей. Этапы развития объективного анализа гидрометеорологической информации. Виды и составные части усвоения гидрометеорологической информации атмосферными моделями.

### *4.2.2 Полиномиальная аппроксимация метеорологических полей*

Пространственный анализ полей на основе разложения по базисным функциям с неизвестными коэффициентами разложения. Оценка коэффициентов разложения на основе сравнения результатов измерений и результатов полиномиального разложения в точках станций наблюдений с помощью минимизация суммы квадратов отклонений измерений и функции полиномиального разложения (метод наименьших квадратов). Реализация метода полиномиальной аппроксимации в региональном и локальном представлениях. Недостатки метода полиномиальной аппроксимации.

### *4.2.3 Метод последовательных уточнений*

Использование предварительной информации как базового состояния для ассимиляции и ее последовательное уточнение на основе анализа данных измерений. Использование в качестве первого приближения можно климатологических значений, прогноза с предыдущего модельного шага и комбинацию этих двух. Итерационный цикл в методе последовательных уточнений. Проблема неучета корреляций между близлежащими точками в методе последовательных уточнений.

#### ***4.2.4 Оптимальная интерполяция***

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

#### ***4.2.5 Частные случаи метода оптимальной интерполяции***

Рассмотрение случая одного измерения. Сравнение разных случаев двух наблюдений в оптимальной интерполяции. Применение оптимальной интерполяции к случаю сети скученных станций.

#### ***4.2.6 Статистическая структура метеорологических полей***

Ковариационные матрицы ошибок. Статистическая структура метеорологических полей. Методы определения ковариационных матриц.

#### ***4.2.7 Многомерная оптимальная интерполяция***

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

#### ***4.2.8 Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции***

Ограничения метода оптимальной интерполяции. Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции.

#### ***4.2.9 Постановка задачи вариационной 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. Эквивалентность оптимальной интерполяции и вариационного анализа.

#### ***4.2.10 Трехмерный вариационный анализ***

Постановка задачи трехмерного вариационного анализа. Использование метода наискорейшего спуска для минимизации функционала качества. Поиск направления на минимум при минимизации функционала качества в трехмерном вариационном анализе.

#### ***4.2.11 Четырехмерный вариационный анализ***

Постановка задачи четырехмерной ассимиляции. Функционал качества в четырехмерной ассимиляции. Оценка градиента функционала качества в четырехмерном анализе.

#### **4.2.12 Использование фильтра Калмана для усвоения гидрометеорологических данных**

Задача ассимиляции как проблема фильтрации. Формулировка алгоритма фильтра Калмана для ассимиляции г/м полей. Расширенный фильтр Калмана. Схема организации вычислений в фильтре Калмана. Простой пример фильтра Калмана.

#### **4.2.13 Ансамблевый подход к применению фильтра Калмана**

Линеаризация алгоритма фильтра Калмана. Связь фильтра Калмана с оптимальной интерполяцией в части анализа и четырехмерным вариационным анализом в прогностической части, если не учитывается ошибка моделирования. Упрощения фильтра Калмана.

#### **4.2.14 Инициализация атмосферных моделей**

Пространственные и временные масштабы атмосферных процессов. Синоптические и планетарные процессы в проблеме ассимиляции атмосферных данных. Проблема фильтрации шумов в ассимиляционных моделях. Пример модели мелкой воды. Геоострофическое приспособление.

#### **4.2.15 Инициализация по нормальным модам**

Линеаризация прогностической модели. Определение нормальных мод. Разделение нормальных мод на быстрые (высокочастотные), соответствующие инерционно-гравитационным колебаниям (волнам) и медленные (низкочастотные), соответствующие адвективным процессам. Разложение уравнений модели по нормальным модам. Модификация коэффициентов разложения (амплитуд нормальных мод) быстрых и, иногда, медленных мод путем введения условий инициализации. Подстановка новых начальных условий в модели прогноза с тем, чтобы избежать возникновения высокочастотных колебаний.

#### **4.2.16 Модельный цикл усвоения данных**

Виды и этапы усвоения гидрометеорологических данных. Дискретная и непрерывная ассимиляция данных. Организация усвоения при дискретном усвоении. Организация вычислений при непрерывном усвоении.

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Полиномиальная аппроксимация метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-4
2	2	Частные случаи метода оптимальной интерполяции	Практическая работа	ОПК-4 ППК-1
3	3	Статистическая структура метеорологических полей	Практическая работа	ОПК-5 ПК-1
4	4	Обобщенный алгоритм оптимальной интерполяции.	Практическая работа	ОПК-4 ОПК-5
5	5	Инициализация атмосферных моделей.	Практическая работа	ОПК-5 ПК-4

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

5.1.3. Беседа со студентами (коллоквиум) перед выполнением каждой лабораторной работы.

5.1.4. Прием и проверка отчета по каждой лабораторной работе.

5.1.5. Студентам выдаётся индивидуальное задание с последующей проверкой и допуском к зачёту.

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

##### **Вопросы на лекции:**

1. В чем заключаются концепция и задачи модельной ассимиляции данных?
2. Какие были первые шаги анализа метеорологических полей для инициализации гидродинамических моделей?
3. Какую роль играет ассимиляция данных как часть прогностической системы?
4. Как осуществляется интерполяция функции заданной на станциях?
5. Как меняется количество учитываемых станций при увеличении порядка интерполяции?
6. В чем идея локальной полиномиальной аппроксимации?
7. Чем определяется количество членов в полиноме?
8. Какой принцип используется для минимизации суммы квадратов отклонений измерений и полиномиального разложения в точках наблюдений?
9. В чем идея динамической релаксации?
10. Чем отличается метод последовательных уточнений от простейшей интерполяции данных измерений?
11. Чем определяется вклад измерения на станции в результат анализа?
12. Как учитывается зависимость результат анализа от расстояния до станции?
13. В чем заключается последовательное уточнение результатов анализа?
14. В чем идея оптимальной интерполяции гидрометеорологических данных?
15. Почему возникло название «оптимальная интерполяция»?
16. В чем схожесть и отличие оптимальной интерполяции и метода последовательных уточнений?
17. В чем отличие размерной и безразмерной оптимальной интерполяции?
18. Какие упрощения часто используются для оптимизации использования оптимальной интерполяции при ассимиляции гидрометеорологических данных?
19. Для какой цели используется функционал качества?
20. Почему данные методы называются вариационными?
21. В чем схожесть и отличие оптимальной интерполяции и вариационных методов?

22. Каким образом можно минимизировать функционал качества?
23. В чем разница между трехмерной и четырехмерной вариационной ассимиляцией?

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

Выполнение рефератов и докладов по данной дисциплине не предусмотрено.

#### **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 проработать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, базовый учебник [1].

Студенты заочной формы обучения выполняют контрольную работу, пользуясь методическими указаниями [4].

Выполнение работы проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

### **5.3. Промежуточный контроль**

Промежуточный контроль – зачет.

#### **Перечень вопросов к зачету**

1. Концепция и проблемы модельной ассимиляции данных;
2. Субъективный анализ метеорологических полей. Первые шаги объективного анализа метеорологической информации;
3. Составные части и виды модельной ассимиляции данных;
4. Линейная и квадратичная интерполяция функции, заданной в узлах;
5. Интерполяция сплайнами;
6. Локальная полиномиальная аппроксимация метеополей;
7. Метод динамической релаксации (nudging);
8. Среднеквадратические оценки в метеорологии;
9. Метод последовательных уточнений;
10. Итерационный цикл в методе последовательных уточнений;
11. Однокомпонентная оптимальная интерполяция;
12. Ошибка анализа в оптимальной интерполяции;
13. Безразмерная форма уравнений оптимальной интерполяции;
14. Метод оптимальной интерполяции для однородных условий и независимых измерений;
15. Сравнение разных случаев двух наблюдений в оптимальной интерполяции;
16. Применение оптимальной интерполяции к случаю сети скученных станций;
17. Статистические характеристики метеорологических полей;
18. Метод наблюдений для определения ковариационных матриц;
19. Методы определения ковариационных матриц по результатам моделирования;
20. Двухкомпонентная оптимальная интерполяция в точке;
21. Векторная двухкомпонентная оптимальная интерполяция;

22. Многокомпонентная оптимальная интерполяция;
23. Ограничения метода оптимальной интерполяции;
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. Градиент функционала качества четырехмерной вариационной ассимиляции.
35. Оценка градиента функционала качества в четырехмерном анализе;
36. Задача ассимиляции как проблема фильтрации;
37. Формулировка алгоритма фильтра Калмана для ассимиляции г/м полей.
38. Расширенный фильтр Калмана;
39. Схема организации вычислений в фильтре Калмана;
40. Ансамблевый фильтр Калмана;

## 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Книга 1. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 340 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-503161932.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-503161932.pdf)

### б) дополнительная литература:

1. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.. Климатическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.
2. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 360 с.
3. Давидан И. Н., Лопатухин Л. И., Рожков В. А. Ветровое волнение как вероятностный гидродинамический процесс – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 284 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-428161052.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-428161052.pdf)

### в) интернет-источники

1. Электронный ресурс Национальных центров экологической информации (National Centers for Environmental Information) <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/numerical-weather-prediction>
2. Электронный ресурс Корейского метеорологического управления Korea Meteorological Administration (КМА) [http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast\\_02.jsp](http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp)
3. Электронный ресурс: Прогнозные модели метеорологических прогнозов (Met Office Numerical Weather Prediction models) <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>
4. Электронный ресурс: Численное прогнозирование погоды (Numerical Weather Prediction NWP) <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции (темы №1-16)	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>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>
Практические занятия	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников, прежде всего - базового учебника.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом.</p> <p>Разработка программ на языке высокого уровня Fortran.</p>
Индивидуальные задания	<p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и анализ вычислительных схем.</p> <p>Разработка программ на языке высокого уровня Fortran.</p>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену 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 1-16	<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. проведение компьютерного тестирования</p> <p><u>образовательные технологии</u></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/mp">http://ra.rshu.ru/mp</a></p>

	1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	
Темы 1-11	<u>информационные технологии</u> 4. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 5. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты 6. проведение компьютерного тестирования <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Компилятор языка программирования Fortran-90 2. Система анализа и представления данных GRADS Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 3. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a> 4. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов <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. Персональный компьютер типа Notebook.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации. Персональный компьютер типа Notebook.
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.