

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

АССИМИЛЯЦИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению
подготовки

05.03.04 Гидрометеорология

Направленность (профиль)
Гидрометеорология

Квалификация:
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Гидрометеорология»


Абанников В.Н.

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 № 4
Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:
 Смышляев С.П.

Санкт-Петербург 2018

Рекомендована Учёным советом метеорологического факультета РГГМУ
(Протокол № ___ от «___» _____20___ г.)

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

Рецензент: Тимофеев Ю.М. – профессор Санкт-Петербургского государственного
университета

© Смышляев С. П., 2018
© РГГМУ, 2018.

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Ассимиляция гидрометеорологических данных» - подготовка бакалавров по направлению 05.03.04 – Гидрометеорология, 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 гидрометеорологических данных» 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 и заочной форм обучения, обучающимися по программе подготовки академического бакалавра на метеорологическом факультете.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Ассимиляция гидрометеорологических данных» для направления подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология относится к дисциплинам по выбору общеобразовательного цикла.

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

Параллельно с дисциплиной «Ассимиляция гидрометеорологических данных» изучаются «Численные методы математического моделирования (Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов)», «Численные методы, используемые в атмосферных моделях».

Дисциплина «Ассимиляция гидрометеорологических данных» является базовой для освоения дисциплин «Методы метеорологических прогнозов», «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

<i>Код компетенции</i>	<i>Компетенция</i>
ОПК-1	владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в гидрометеорологии, для обработки и анализа данных, прогнозирования гидрометеорологических характеристик
ОПК-5	владение знаниями основ природопользования, экономики природопользования, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды
ОПК-6	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

ПК-2	способность понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в гидрометеорологии при составлении разделов научно-технических отчетов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований
ПК-1	способность получать и проводить контроль качества оперативных гидрометеорологических данных, применять современные методы анализа и аппаратные средства обработки информации при работе с текущими и архивными данными

В результате изучения дисциплины «Ассимиляция гидрометеорологических данных» 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 гидрометеорологических данных» 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 трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	
	2016, 2017, 2018 года набора	2015 год набора
Общая трудоёмкость дисциплины	144	
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	72	84
в том числе:		
лекции	36	42
практические занятия	36	42
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	54	42
в том числе:		
курсовая работа	-	
контрольная работа	-	
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Экзамен (трудоёмкости при подготовке и сдаче экзамена 18 часов)	

4.1. Содержание разделов дисциплины

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, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинары Лаборат. Практика	Самост. работа				
1	Методы пространственной интерполяции гидрометеорологических данных	8	2	4	4	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-1 ОПК-5 ПК-2 ППК-1	
2	Объективное сравнение результатов моделирования и наблюдений	8	2	2	4	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ОПК-5 ППК-1	
3	Статистическая структура метеорологических полей	8	4	2	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ПК-2	
4	Статистическая интерполяция	8	2	4	5	Вопросы на лекции, вопросы	1	ОПК-5 ПК-2	

	гидрометеорологическ их данных					по практической работе		ППК-1
5	Одновременная интерполяция нескольких метеорологических переменных	8	4	2	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ОПК-5 ПК-2
6	Вероятностные методы ассимиляции данных	8	4	2	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-5 ППК-1
7	Дискретные и непрерывные методы ассимиляции данных	8	2	4	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ППК-1 ОПК-5
8	Использование фоновых оценок для ассимиляции гидрометеорологическ их данных	8	2	2	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ПК-2 ППК-1 ОПК-5
9	Методы обновления фоновой информации при ассимиляционном цикле	8	4	4	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-5 ПК-2
10	Проблема инициализации гидродинамических моделей	8	4	4	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-5 ПК-2 ОПК-5
11	Использование методов релаксации для ассимиляции гидрометеорологическ ой информации	8	4	4	3	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-1 ОПК-5 ПК-2
12	Перспективы развития методов модельной ассимиляции результатов наблюдений	8	2	2	3	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ОПК-5 ОПК-6 ПК-2 ППК-1
ИТОГО:			36	36	54		16	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (18 часов)					144 часа			

№ 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	Семинары Лаборат. Практика	Самост. работа			
1	Методы пространственной интерполяции гидрометеорологических данных	8	2	4	2	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-1 ОПК-5 ПК-2 ППК-1
2	Объективное сравнение результатов моделирования и наблюдений	8	2	2	4	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ОПК-5 ППК-1
3	Статистическая структура метеорологических полей	8	4	2	3	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ПК-2
4	Статистическая интерполяция гидрометеорологических данных	8	2	4	3	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-5 ПК-2 ППК-1
5	Одновременная интерполяция нескольких метеорологических переменных	8	4	2	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ОПК-5 ПК-2
6	Вероятностные методы ассимиляции данных	8	4	4	5	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-5 ППК-1
7	Дискретные и непрерывные методы ассимиляции данных	8	2	4	4	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ППК-1 ОПК-5
8	Использование фоновых оценок для ассимиляции гидрометеорологических данных	8	2	2	4	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ПК-2 ППК-1 ОПК-5
9	Методы обновления фоновой информации при ассимиляционном цикле	8	6	6	4	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-5 ПК-2
10	Проблема	8	6	4	4	Вопросы на	2	ОПК-5

	инициализации гидродинамических моделей					лекции, вопросы по практической работе		ПК-2 ОПК-5
11	Использование методов релаксации для ассимиляции гидрометеорологической информации	8	6	6	2	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	2	ОПК-1 ОПК-5 ПК-2
12	Перспективы развития методов модельной ассимиляции результатов наблюдений	8	2	2	2	Вопросы на лекции, вопросы по практической работе	1	ОПК-1 ОПК-5 ОПК-6 ПК-2 ППК-1
ИТОГО:			42	42	42		16	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (18 часов)					144 часа			

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. 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.

4.2.3 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.

4.2.4 Статистическая интерполяция гидрометеорологических данных

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

4.2.5 Одновременная интерполяция нескольких метеорологических переменных

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

4.2.6 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.

4.2.7 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.

4.2.8 Использование фоновых оценок для ассимиляции гидрометеорологических данных

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

4.2.9 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.

4.2.10 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.

4.2.11 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.

4.2.12 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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Формируемые компетенции
1	1	Линейная интерполяция метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ППК-1
2	2	Квадратичная интерполяция метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ПК-2, ППК-1
3	3	Интерполяция метеорологических полей сплайнами	ОПК-1, ОПК-5 ППК-1
4	4	Полиномиальная интерполяция метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ПК-2
5	5	Оптимальная интерполяция метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ППК-1
6	6	Метод наискорейшего спуска для метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ППК-1
7	7	Применение фильтра Калмана для метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ППК-1
8	8	Инициализация метеорологических полей	ОПК-1, ОПК-5 ППК-1

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. 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
 - с) Выбором метода анализа на усмотрение исследователя или из общих принципов
 - д) Выбором данных на усмотрение исследователя

- 3) Где применяются среднеквадратические оценки в метеорологии
 - а) Для вычисления средних квадратов измерений
 - б) Используются квадраты площади, на которой усредняются результаты измерений
 - с) На основе предположения нормальности распределения минимизируется сумма квадратов отклонений

- d) В квадрат возводятся отклонения измерений от моделирования
- 4) Метод динамической релаксации применяется для
- уменьшения ошибок ассимиляции
 - сближения результатов моделирования и измерений
 - усиления роли динамических процессов при ассимиляции результатов измерений
 - уменьшения ошибок моделирования
- 5) Идея метода последовательных уточнений заключается в
- уточнении результатов измерений путем сравнения с соседними станциями
 - многократном уточнении первого приближения анализа
 - введения более мелких шагов по времени при моделировании
 - увеличении количества измерений на станциях
- 6) Что есть общего в оптимальной интерполяции и вариационном анализе?
- Ничего.
 - Ничем не отличаются.
 - Результат анализа.
 - Метод ассимиляции.
- 7) В трехмерном вариационном анализе
- Минимизируется расхождение между анализом, измерениями и моделированием во временном окне ассимиляции
 - Суммируется расхождение между измерениями и моделированием по трем направлениям
 - Оценка функционала качества осуществляется три раза
 - Рассчитываются три разные вариации

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Выполнение рефератов, эссе 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 прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ

Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

5.3. Промежуточный контроль: экзамен

Перечень вопросов к экзамену:

- Концепция и задачи модельной ассимиляции данных;
- Субъективный анализ метеорологических полей и первые шаги развития объективного анализа;
- 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

Экзаменационный билет №1.

Российский государственный гидрометеорологический университет

Кафедра метеорологических прогнозов

Курс Ассимиляция гидрометеорологических данных

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

Заведующий кафедрой: _____ (Дробжева Я.В.)

Экзаменационный билет №5.
Российский государственный гидрометеорологический университет
Кафедра метеорологических прогнозов
Курс Ассимиляция гидрометеорологических данных

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

Заведующий кафедрой: _____ (Дробжева Я.В.)

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей – Л. Гидрометеиздат, 1963. – 288 с. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213164645.pdf

б) дополнительная литература:

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. 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.
7. Смышляев С.П. Методические указания по дисциплине «Ассимиляция гидрометеорологических данных». Издательство РГГМУ. 2016. – 22 стр.

в) интернет-источники

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

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции (темы №1-12)	<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 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 (темы №1-8)	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников, прежде всего - базового учебника и описаний лабораторных работ.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом.</p> <p>Подготовка специальной рабочей тетради для лабораторных работ.</p> <p>Заготовка шаблонов таблиц, схем и другого графического материала для заполнения при выполнении работы.</p>
Подготовка к экзамену	<p>При подготовке к 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 -12	<p><u>информационные технологии</u></p> <p>1. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</p> <p><u>образовательные технологии</u></p> <p>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</p> <p>2. сочетание индивидуального и коллективного обучения</p>	<p>1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint.</p> <p>2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru</p> <p>3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов http://ra.rshu.ru/mp</p>

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