

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы (МКОА)

Рабочая программа по дисциплине

**ТЕОРИЯ КЛИМАТА**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**05.03.05 – Прикладная гидрометеорология**

Направленность (профиль)

**Прикладная метеорология**

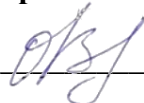
Квалификация выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения


**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП «Прикладная  
метеорология»

  
\_\_\_\_\_ Волобуева О.В.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
\_\_ 11 \_\_ июня \_\_ 2020 г., протокол № \_\_ 7 \_\_

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
\_\_ 30 \_\_ мая \_\_ 2020 г., протокол № \_\_ 9 \_\_  
Зав. кафедрой  Сероухова О.С.

Автор-разработчик:  
\_\_\_\_\_ Лобанов В.А.

Санкт-Петербург 2020

Составители:

Лобанов В. А. – д-р техн. наук, профессор кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

© В.А.,Лобанов, 2020.  
© РГГМУ, 2020.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины "Теория климата" является подготовка бакалавров, владеющих знаниями в объеме, необходимом для получения комплекса научных знаний, позволяющих им понимать учение о климате и его динамике, о климатах прошлого, настоящего и ближайшего будущего. Рассматриваются такие основные разделы как: климатологическая обработка информации, факторы формирования климата и их динамика, закономерности распределения климатических характеристик на Земле и классификация климатов, статистические и физико-математические модели климата, методы изучения климатов прошлого, настоящего и будущего.

Главная задача дисциплины - изучение физических процессов и факторов, определяющих многообразие климатов Земли и их динамику на основе физико-математических и статистических моделей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина "Теория климата" для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – Прикладная метеорология относится к дисциплинам базовой части образовательной программы.

Дисциплина состоит из двух частей: "Общая климатология" и "Динамика климата". Часть "Общая климатология" включает в себя изучение основных закономерностей климата и его факторов по территории Земли, которые обобщены за многолетний период. Основные разделы "Общей климатологии" требуют предварительного изучения следующих дисциплин:

- математическая статистика для целей обработки климатической информации;
- астрономия для расчета солнечной радиации на верхней границе атмосферы;
- физика атмосферы для понимания процессов, участвующих в формировании уравнений радиационного и теплового балансов;
- синоптическая метеорология для понимания факторов атмосферной циркуляции в формировании климата;
- физика океана для понимания факторов океанической циркуляции в формировании климата;
- геофизика для понимания роли рельефа в формировании климата;
- география для понимания распределения климатических характеристик по территории Земли и классификаций климата.

Часть "Динамика климата" предназначена для изучения изменений климата и формирующих его факторов во времени и поэтому связана с изучением динамики климата, в дополнении к "Общей климатологии", которая изучает климат в его статичном многолетнем состоянии. Основные разделы "Динамики климата" требуют предварительного изучения следующих дисциплин:

- астрономия для изучения динамики астрономических факторов климата;
- геофизика для изучения динамики геофизических факторов климата;
- общая химия и химия атмосферы для изучения влияния состава атмосферы на динамику климата;
- синоптическая и динамическая метеорология для изучения автоколебаний в климатической системе;
- экология, биология, геоэкология, геофизика для изучения антропогенного воздействия на динамику климата;
- математика, статистика и математическая физика для понимания статистических и физико-математических моделей динамики климата;
- география, геофизика, химия для изучения палеоклиматологии и ее методов.

Таким образом, дисциплина "Климатология" является комплексной дисциплиной и

обучающиеся должны для ее освоения иметь знания как по отдельным разделам фундаментальных дисциплин (“Математика”, “Физика”, “Химия”, “Информатика”, “География”), так и знать прикладные дисциплины по специальности “Метеорология”, такие как: “Физика атмосферы”, “Геофизика”, “Синоптическая метеорология”, “Динамическая метеорология”, “Статистические методы анализа гидрометеорологической информации”.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОК-5	Способность анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования.
ОПК-1	Способность осуществлять и поддерживать коммуникативную связь с внутренними и внешними пользователями гидрометеорологических данных об атмосфере, океане и водах суши
ПК-2	Способность анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения.

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Климатология» обучающийся должен:

#### Знать:

- способы получения и методы обработки климатологической информации;
- основные факторы формирования климата и составляющие уравнений радиационного и теплового балансов;
- закономерности распределения основных климатических характеристик по Земному шару;
- основные классификации климатов Земли;
- основные задачи теории климата и международные программы и проекты по исследованию изменений климата;
- структуру климатической системы Земли и влияние отдельных ее компонент на динамику климата;
- статистические методы и модели для изучения пространственно-временных колебаний климата и полученные на их основе результаты;
- основные виды физико-математических моделей климатических изменений и результаты их применения;
- методы палеоклиматологии для получения информации о климатах прошлого;
- исторические изменения климатов Земли от возникновения планеты до современного периода и сценарные оценки климата ближайшего будущего.

#### Уметь:

- выполнять основные виды климатологической обработки данных, включая оценку однородности и стационарности информации, восстановление пропусков и увеличение продолжительности рядов наблюдений, определение параметров распределений и расчетных климатических характеристик;
- рассчитывать приходящую солнечную радиацию к верхней границе атмосферы;
- строить детерминированные пространственные модели климатических характеристик;

статистические пространственно-временные модели, включая модели внутригодовых колебаний и простые физико-математические модели типа энергобалансовых, а также проводить на их основе исследования с привлечением международных архивов данных в Интернете, современных вычислительных средств и ГИС-технологий.

**Владеть:**

- методами обработки климатологической информации,
- знаниями об основных процессах и факторах, формирующих климат и общие закономерности распределения климатических характеристик по Земному шару,
- знаниями о причинах и факторах изменений климата,
- основные видами моделей для изучения динамики климата;
- знаниями об основных причинах изменения климата в прошлом, настоящем и ближайшем будущем.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Теория климата» сведены в таблице.

## Соответствие уровней освоения компетенцией 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.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
	2020 г. набора
Общая трудоёмкость дисциплины	108 часов
Контактная работа обучающихся с преподавателями (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	42
в том числе:	
лекции	14
практические занятия	28
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	66
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	экзамен

##### 4.1. Содержание разделов дисциплины

###### Очное обучение 2020 г. 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	Семинар Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1	Задачи теории климата и международное сотрудничество в изучении изменений климата	6	2	4	12	Вопросы на лекции.	1	ОК-5, ОПК-1
2	Климатическая система Земли и влияние отдельных ее компонент на динамику климата	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе	3	ПК-2, ОК-5
3	Эмпирико-статистические модели климатических изменений	6	2	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по	1	ОПК-1, ПК-5

						лабораторной работе		
<b>4</b>	Физико-математические модели климатических изменений	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе.	2	ОК-5, ОПК-1, ПК-6
<b>5</b>	Исторические колебания климата	6	2	6	12	Вопросы на лекции,.	2	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>		<b>9</b>	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета и экзамена (36 часов)						<b>108 часов</b>		



**Заочное обучение**  
2020 г. 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	Семинар Лаб. Практич.	Самост. работа			
1	Задачи теории климата и международное сотрудничество в изучении изменений климата	6	2	4	12	Вопросы на лекции.	1	ОК-5, ОПК-1
2	Климатическая система Земли и влияние отдельных ее компонент на динамику климата	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе	3	ПК-2, ОК-5
3	Эмпирико-статистические модели климатических изменений	6	2	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе	1	ОПК-1, ПК-5
4	Физико-математические модели климатических изменений	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе.	2	ОК-5, ОПК-1, ПК-2
5	Исторические колебания климата	6	2	6	12	Вопросы на лекции,.	2	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>		<b>9</b>	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета и экзамена (36 часов)						<b>108 часов</b>		

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

##### 4.2.1. Задачи теории климата и международное сотрудничество в изучении изменений климата

Теория климата: определение, задачи, современное состояние. Основные проблемы теории климата: спектр колебаний, внешние факторы, чувствительность к изменениям, обратные связи, триггерный механизм, странные аттракторы, интразитивность.

История международного сотрудничества в изучении изменений климата. Всемирная программа изучения климата. Международные проекты в области изучения климата: IPCC, WCRP, CLIVAR, GEWEX, CliC.

#### **4.2.2. Климатическая система Земли и влияние отдельных ее компонент на динамику климата**

Основные свойства отдельных компонент климатической системы (атмосферы, гидросферы, криосферы, литосферы и биосферы) в их влиянии на динамику климата. Причинно-следственные прямые и обратные взаимосвязи в климатической системе. Факторы и причины, определяющие эволюцию глобального климата.

Астрономическая теория М.Миланковича изменения климата и результаты расчетов. Свойства основных астрономических факторов: прецессия, ось вращения Земли, эксцентриситет орбиты. Влияние солнечной активности на динамику климата: солнечная активность, история ее открытия, схемы солнечно-земных связей. Механизмы воздействия солнечной активности на нижнюю атмосферу. Данные наблюдений, воздействие на климат и прогноз. Влияние нестабильности вращения Земли на климат: история, динамика скорости вращения Земли и координат полюса.

Перемещение материков по земному шару и горообразование: геологический календарь, теория тектонических плит, влияние динамики материков на оледенения. Движение магнитных полюсов Земли. Влияние интенсивности магнитного поля и положения полюсов на климат, динамика полюсов. Влияние вулканических извержений на изменение климата: география, типы, индекс интенсивности, история основных извержений и их влияние на климат и его основные характеристики: радиационный баланс, давление, температура, осадки. Влияние природных катастроф на климат.

Классификация и состав факторов и загрязнителей. Основные сведения о парниковых газах в атмосфере: водяной пар, углекислый газ, тропосферный озон, метан, закись азота, хлорфторуглероды. Атмосферный аэрозоль: классификация, оценки потоков, воздействие на климат. Природа парникового эффекта. Углеродный цикл: источники и стоки, оценка баланса. Глобальное экологическое равновесие. Концепция биотической регуляции окружающей среды, «мир маргариток». История изменения химического состава атмосферы. Динамика состава атмосферы в фанерозе.

Классификация и состав факторов и загрязнителей. Основные сведения о парниковых газах в атмосфере: водяной пар, углекислый газ, тропосферный озон, метан, закись азота, хлорфторуглероды. Атмосферный аэрозоль: классификация, оценки потоков, воздействие на климат. Природа парникового эффекта. Углеродный цикл: источники и стоки, оценка баланса. Глобальное экологическое равновесие. Концепция биотической регуляции окружающей среды, «мир маргариток». История изменения химического состава атмосферы. Динамика состава атмосферы в фанерозе.

Виды хозяйственной деятельности и ее воздействия на климат. Антропогенные факторы, изменяющие локальный климат: изменение теплового баланса земной поверхности и его составляющих. Воздействия на растительный покров, водный режим, создание водохранилищ. Климат города. Изменение глобального климата в виде воздействия на состав атмосферы: рост углекислого газа и других газов и аэрозолей. Другие антропогенные факторы глобального влияния.

#### **4.2.3. Эмпирико-статистические модели климатических изменений**

Методология стационарной и динамической моделей. Общая схема и алгоритм построения моделей. Методы аппроксимации временных рядов. Методы выбора наиболее

эффективной модели временного ряда из нескольких: стационарная модель, линейный тренд, ступенчатые изменения и гармоническая модель.

Анализ 800-тысячелетней палеорекострукции. Анализ температуры за последние 45 тыс. лет. Изменение глобальной температуры за последние 1000-1300 лет. Свойства наиболее продолжительных рядов наблюдений и зависимость результатов от выбранной модели. Изменение температуры воздуха и осадков на территории России.

#### 4.2.4. Физико-математические модели климатических изменений

Классификация и иерархия климатических моделей. Одномерная модель М.И.Будыко, определение параметров модели, расширение модели для сезонов. Чувствительность модели к изменению притока радиации, альбедо, облачности. Приложение модели к исследованию изменения циркуляции, концентрации  $\text{CO}_2$  и однозначности климата. Другие энерго-балансовые модели (ЭБМ): одномерная Селлерса, нульмерная, нестационарная, двумерные модели.

Блок расчета потоков коротковолновой и длинноволновой радиации в радиационно-конвективной модели (РКМ). Радиационное равновесие с конвекцией. Параметризация модели и выводы по применению. Комбинирование ЭБМ и РКМ. Модели промежуточной сложности на примере климатической модели института физики атмосферы РАН.

Составляющие теории климата. Принципы построения моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА) и основные подсеточные процессы. Уравнения блока атмосферы, океана, суши, снежного покрова, морских и материковых льдов. Международная программа АМIP, чувствительность моделей к изменению  $\text{CO}_2$ . Модель HadAM3 - HadOM3. Модель института вычислительной математики (ИВМ) РАН: вычислительные характеристики, воспроизведение современного климата и оценка воздействия.

#### 4.2.5. Исторические колебания климата

Источники сведений о климатах прошлого и история палеоклиматологии. Методы палеоклиматологии: изучение осадочных пород, биогеографические методы, дендрохронология, изотопные, химические и палеомагнитные методы. Приложения: ледяные керны, древние русла и осадки морей.

Климат докембрия: формирование и основные оледенения. Климат фанерозоя: изменения температуры, оледенения, климатические особенности разных периодов. Основные черты установившегося климатического режима и вклады радиации, альбедо и  $\text{CO}_2$  в историческом изменении глобальной температуры. Изменение основных климатических характеристик. Палеоклимат отдельных регионов на примере Арктики.

Причины оледенений четвертичного периода. Особенности климата позднеледниковья по моделям и палеорекострукциям. Основные закономерности климата голоцена до нашей эры и в течение последних 2000 лет, включая анализ малого климатического оптимума и малого ледникового периода. Общие свойства динамики климата за геологическую историю.

Особенности современного климата и наблюдаемые изменения в различных климатических характеристиках. Динамика и вклады показателей антропогенного воздействия на атмосферу. Особенности формирования климата ближайшего будущего и методы прогнозирования. Результаты сценарных оценок будущего климата на основе моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Результаты по другим оценкам: палеоаналоги, астрономические прогнозы, результаты мониторинга и эмпирического анализа.

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Пространственная изменчивость климатических данных	Лабораторная работа	ОК-5, ОПК-1
2	1	Обучение работе с основными функциями ГИС на примере QGIS.	Практическая работа	ПК-2, ОК-5
3	2	Международные программы по изучению изменений климата в Интернете.	Лабораторная работа	ОПК-1, ПК-5
4	2	Применение статистических методов для оценки климатических изменений	Лабораторная работа	ОК-5, ОПК-1, ПК-2
5	2	Стохастическое моделирование пространственно-временных колебаний климата	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
6	2	Энергобалансовая модель климатических изменений М.И.Будыко	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6

#### 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) перед выполнением каждой лабораторной работы. На основании результатов коллоквиума студент допускается (не допускается) к выполнению работы.

5.1.3. Прием и проверка отчета по каждой лабораторной работе.

##### Вопросы по лекциям:

1. Что такое однородность эмпирического распределения?
2. Какие основные причины возможной неоднородности?
3. По каким критериям оценивается однородность и их основные особенности?
4. Что такое обобщенные критерии оценки однородности?
5. Какова последовательность оценки однородности по статистическим критериям?
6. Что такое статистическая значимость параметров распределения и как она оценивается для коэффициентов автокорреляции, асимметрии и других параметров?

7. Что такое оценка стационарности и чем она отличается от оценки однородности?
8. По каким критериям оценивается стационарность средних значений и дисперсий?
9. Что оценивается раньше: стационарность средних или дисперсий и почему?
10. От каких особенностей временных рядов зависят критические значения статистик критериев стационарности средних и дисперсий?
11. Какова последовательность оценки стационарности по статистическим критериям и какие таблицы критических значений могут быть использованы для этого?
12. Какой вывод можно получить, если оценивать однородность асимметричных распределений с помощью статистических критериев, предназначенных для симметричных распределений?
13. Почему солнечная энергия является основным источником тепла на Земле?
14. Какие процессы являются источником энергии на Солнце и что происходит с температурой Солнца: растет или падает?
15. Что такое эклиптика?
16. Из чего состоит энергетический спектр приходящей радиации?
17. Что такое солнечная постоянная и чему она равна?
18. Почему на Земле происходит смена времен года?
19. Что такое солнцестояние и равноденствие и на какие даты они приходятся?
20. Как изменяется продолжительность светового дня в течение года?
21. От каких факторов зависит приток тепла от солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность?
22. Как определить склонение Солнца на любой день года?
23. Каковы основные закономерности распределения суточных сумм приходящей радиации при отсутствии атмосферы на разных широтах в течение года?
24. Чем отличаются две формулы расчета суточной инсоляции?
25. Что такое «Солнечный калькулятор» в Интернете и что по нему можно определить?
26. На сколько изменяется расстояние от Земли до Солнца в течение года?

### **Образцы вопросов для тестирования студентов.**

1. Чем обусловлено внутригодовое изменение климатической характеристики?
  - а) Океаническими приливами
  - б) Непостоянством скорости вращения Земли
  - в) Изменением прецессии
  - г) Вращением Земли вокруг Солнца

(Правильный ответ – г)
  
2. Каким моментом является дисперсия?
  - а) Первым
  - б) Вторым
  - в) Третьим
  - г) Четвертым

(Правильный ответ – б)
  
3. К какому типу климатических классификаций относится классификация Б.П.Алисова
  - а) Ботанические
  - б) Гидрологические
  - в) Почвенные
  - г) Генетические

(Правильный ответ – г)

## **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, базовый учебник.

### 5.3. Промежуточный контроль

#### Очная форма обучения

Контроль по результатам 6-го учебного семестра – экзамен.

#### Заочная форма обучения

Контроль по результатам 4-го учебного года – экзамен.

Экзамен проходит в устной форме. Обучающимся предлагается наиболее полно ответить на выбранные случайным образом вопросы.

### Перечень билетов к экзамену

1. Теория климата: определение, задачи, современное состояние. Основные проблемы теории климата: спектр колебаний, внешние факторы, чувствительность к изменениям, обратные связи, триггерный механизм, странные аттракторы, интразитивность.
2. История международного сотрудничества в изучении изменений климата. Всемирная программа изучения климата. Международные проекты в области изучения климата: IPCC, WCRP, CLIVAR, GEWEX, CИC
3. Основные свойства отдельных компонент климатической системы (атмосферы, гидросферы, криосферы, литосферы и биосферы) в их влиянии на динамику климата. Причинно-следственные прямые и обратные взаимосвязи в климатической системе.
4. Астрономическая теория М.Миланковича изменения климата и результаты расчетов. Свойства основных астрономических факторов: прецессия, ось вращения Земли, эксцентриситет орбиты.
5. Влияние солнечной активности на динамику климата: солнечная активность, история ее открытия, схемы солнечно-земных связей. Механизмы воздействия солнечной активности на нижнюю атмосферу. Данные наблюдений, воздействие на климат и прогноз
6. Влияние неустойчивости вращения Земли на климат: история, динамика скорости вращения Земли и координат полюса
7. Перемещение материков по земному шару и горообразование: геологический календарь, теория тектонических плит, влияние динамики материков на оледенения. Движение магнитных полюсов Земли. Влияние интенсивности магнитного поля и положения полюсов на климат, динамика полюсов.
8. Влияние вулканических извержений на изменение климата: география, типы, индекс интенсивности, история основных извержений и их влияние на климат и его основные характеристики: радиационный баланс, давление, температуру, осадки.
9. Классификация и состав факторов и загрязнителей. Основные сведения о парниковых газах в атмосфере: водяной пар, углекислый газ, тропосферный озон, метан, закись азота, хлорфторуглероды. Атмосферный аэрозоль: классификация, оценки потоков, воздействие на климат.
10. Природа парникового эффекта. Углеродный цикл: источники и стоки, оценка баланса. Глобальное экологическое равновесие. Концепция биотической регуляции окружающей среды, «мир маргариток».
11. История изменения химического состава атмосферы. Динамика состава атмосферы в фанерозое.

12. Виды автоколебаний в климатической системе. Основные закономерности общей циркуляции атмосферы. Природа зональной циркуляции. Общая циркуляция мирового океана. Квазидвухлетняя цикличность экваториальной атмосферы и влияние ее на зональную циркуляцию.
13. Центры действия атмосферы, основные индексы атмосферных колебаний и свойства их динамики. Эль-Ниньо – Южное колебание: история открытия, механизм. Индекс южного колебания, его динамика. Индексы Эль-Ниньо и Ла-Нинья.
14. Влияние Гольфстрима на изменение климата. Динамика криосферы и ее влияние на климат и изменение уровня океана.
15. Виды хозяйственной деятельности и ее воздействия на климат. Антропогенные факторы, изменяющие локальный климат: изменение теплового баланса земной поверхности и его составляющих
16. Антропогенное воздействия на растительный покров, мезоклимат леса. Антропогенное воздействие на водный режим, создание водохранилищ. Климат города.
17. Изменение глобального климата в виде воздействия на состав атмосферы: рост углекислого газа и других газов и аэрозолей. Другие антропогенные факторы глобального влияния.
18. Методология стационарной и динамической моделей. Общая схема и алгоритм построения эмпирико-статистических моделей.
19. Методы аппроксимации временных рядов. Методы выбора наиболее эффективной модели временного ряда из нескольких.
20. Линейные статистические модели внутригодовых колебаний. Модели многолетних колебаний, включая оценку погрешностей и методы декомпозиции.
21. Способы пространственного обобщения и моделирования. Построение линейных пространственных моделей
22. Классификация и иерархия климатических моделей. Одномерная модель М.И.Будыко, определение параметров модели, расширение модели для сезонов
23. Чувствительность модели М.И.Будыко к изменению притока радиации, альбедо, облачности. Приложение модели к исследованию изменения циркуляции, концентрации  $\text{CO}_2$  и однозначности климата. Другие ЭБМ.
24. РКМ. Блок расчета потоков коротковолновой и длинноволновой радиации. Радиационное равновесие с конвекцией. Параметризация модели и выводы по применению.
25. Комбинирование ЭБМ и РКМ. Модели промежуточной сложности на примере КМ ИФА РАН.
26. Составляющие теории климата. Принципы построения МОЦА и основные подсеточные процессы. Уравнения блока атмосферы, океана, суши, снежного покрова, морских и материковых льдов.
27. Международная программа АМIP, чувствительность моделей к изменению  $\text{CO}_2$ . Модель HadAM3 - HadOM3. Модель ИВМ РАН: вычислительные характеристики, воспроизведение современного климата и оценка воздействия.
28. Источники сведений о климатах прошлого и история палеоклиматологии. Методы палеоклиматологии: изучение осадочных пород, биогеографические методы, дендрохронология, изотопные, химические и палеомагнитные методы
29. Примеры приложения методов палеоклиматологии для оценки климата прошлого: ледяные керны, древние русла и осадки морей
30. История и основные закономерности формирования климата на планетах Солнечной системы. Климат докембрия: формирование и основные оледенения.
31. Климат фанерозоя: изменения температуры, оледенения, климатические особенности разных периодов.
32. Изменение климата в кайнозое. Основные черты установившегося климатического режима и вклады радиации, альбедо и  $\text{CO}_2$  в историческом изменении глобальной температуры. Палеоклимат Арктики

33. Причины оледенений четвертичного периода. Особенности климата позднеледниковья по моделям и палеореконструкциям
34. Основные закономерности климата голоцена до нашей эры и в течение последних 2000 лет, включая анализ малого климатического оптимума и малого ледникового периода. Общие свойства динамики климата за геологическую историю
35. Особенности современного климата и наблюдаемые изменения в различных климатических характеристиках. Динамика и вклады показателей антропогенного воздействия на атмосферу
36. Особенности формирования климата ближайшего будущего и методы прогнозирования. Результаты сценарных оценок будущего климата на основе МОЦАО для планеты и России. Результаты по другим прогнозам: палеоаналоги, астрономические прогнозы и т.д.

### Образец экзаменационного билета

#### Экзаменационный билет № 1

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет  
Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы  
Курс Климатология

1. Теория климата: определение, задачи, современное состояние. Основные проблемы теории климата: спектр колебаний, внешние факторы, чувствительность к изменениям, обратные связи, триггерный механизм, странные аттракторы, интразитивность.
2. Методы аппроксимации временных рядов. Методы выбора наиболее эффективной модели временного ряда из нескольких.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Сероухова О.С.

---

#### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 6.1. Рекомендуемая литература

##### а) Основная литература:

1. Лобанов В.А. Лекции по климатологии. Часть 1 Общая климатология. Книга 1 в двух книгах: учебник. – СПб: РГГМУ, 2019 – 378 с. Режим доступа [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-417170314.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417170314.pdf)
2. Лобанов В.А. Лекции по климатологии. Часть 2 Динамика климата. Книга 2 в двух книгах: учебник. – СПб: РГГМУ, 2018 – 377 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-417170318.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417170318.pdf)
3. В.А. Лобанов Лекции по климатологии. Часть 2. Динамика климата. Кн.1. В 2 кн.: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2016. - 332 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-417174414.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417174414.pdf)
4. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е. Практикум по климатологии. Часть 1. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2011. – 144 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-417170314.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-417170314.pdf)
5. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е. Практикум по климатологии. Часть 2. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2012. – 141 с.
6. Ю.П. Переведенцев Теория климата (2-ое издание). Казанский Госуниверситет, 2009 - 504 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19484328>

##### б) Дополнительная литература:



1. Ю.П. Переведенцев Теория климата. Казанский Госуниверситет, 2004, - 318 с.
2. О.А.Дроздов, В.А.Васильев, Н.В.Кобышева, А.Н.Раевский, Л.К.Смекалова, Е.П.Школьный Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 568 с.
3. Б.П.Алисов, Б.В.Полтараус Климатология. Из-во МГУ, 1974. – 299 с.
4. Л.Т.Матвеев Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 296 с.
5. И.Л. Кароль Введение в динамику климата Земли. Л.: Гидрометеоздат, 1988 – 216 с.
6. Н.В. Кобышева. Г.Я.Наровлинский Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеоздат, 1978 – 295 с.
7. Н.Дрейпер, Г.Смит Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973 – 392 с.
8. Л.Закс Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. – 598 с.
9. В.Н.Малинин Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Санкт-Петербург, 2008. – 407 с.
10. А.В. Кислов Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 352 с.
11. М.И.Будыко Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 352 с.
12. С.П. Хромов, М.П. Петросянц Метеорология и климатология. Из-во МГУ, 2001. – 528.

#### **в) рекомендуемые интернет-ресурсы**

1. Электронный ресурс Всемирной метеорологической организации. Режим доступа: <http://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/gdps-2.html>
2. Электронный ресурс Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Режим доступа: <http://meteo.ru/institute/>
3. Электронный ресурс, посвященный исследованию климата. Режим доступа: <http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone>
4. Электронный метеорологический ресурс. Режим доступа: <http://www.wetterzentrale.de/>

#### **г) программное обеспечение**

windows 7 47049971 18.06.2010  
office 2013 62398416 11.09.2013  
windows 7 48130165 21.02.2011  
office 2010 49671955 01.02.2012

#### **д) профессиональные базы данных**

не используются

#### **е) информационные справочные системы:**

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

### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **Вид учебных занятий**

#### **Лекции (темы №1-8)**

#### **Организация деятельности студента**

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

<b>Лабораторные и практические занятия (темы №1-8)</b>	<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> <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>
<b>Подготовка к зачету и экзамену</b>	<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 1-8	<p><u>информационные технологии</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций,</li> <li>2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</li> <li>3. проведение компьютерного тестирования</li> <li>4. работа с базами метеорологических данных</li> </ol> <p><u>образовательные технологии</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</li> <li>2. сочетание индивидуального и коллективного обучения</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пакет Microsoft Word, Excel, PowerPoint.</li> <li>2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a></li> <li>3. Сервер дистанционного обучения РГГМУ MOODL <a href="http://moodle.rshu.ru">http://moodle.rshu.ru</a></li> <li>4. Базы метеорологических и климатических данных <a href="http://www.wetterzentrale.de">http://www.wetterzentrale.de</a>, <a href="http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone">http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone</a></li> <li>5. Архивы многолетних рядов среднемесячных температур воздуха и сумм месячных осадков</li> </ol>

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

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

1. **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мультимедийным оборудованием,

- обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и 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.
  6. **Учебная метеорологическая станция РГГМУ в г. Санкт-Петербург** – оснащена стандартным метеорологическим оборудованием.

#### **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.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2019/2020 учебный год с изменениями (см. лист изменений)

Протокол заседания кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы (МКОА) от 30.05.2019 г. № 9

### Лист изменений

Изменения, внесенные протоколом заседания кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы (МКОА) от 30.05.2019 г. № 9:

1. Пункт 4 «Структура и содержание дисциплины»: добавлена таблица 2019 год набора:

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2019 год набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>28</b>
в том числе:	
лекции	<b>14</b>
практические занятия	<b>14</b>
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>44</b>
в том числе:	
курсовая работа	-
контрольная работа	-
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>Зачет</b>

2. Пункт 4.1. «Структура дисциплины»: добавлена таблица 2019 год набора:

**Очное обучение**  
2019 г. 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	Семинар Лабора- Прак- тич.	Самост. рабо- та			
1	Задачи теории климата и международное сотрудничество в изучении изменений климата	5	2	2	8	Коллоквиум	3	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
2	Климатическая система Земли и влияние отдельных ее компонент на динамику климата	5	2	2	6	Коллоквиум.	2	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
3	Влияние астрономических факторов на динамику климата	5	2	2	8	Коллоквиум	2	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
4	Влияние геофизических факторов на климат	5	2	2	6	Коллоквиум	2	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
5	Влияние состава атмосферы на климат	5	2	2	6	Коллоквиум	2	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
6	Влияние автоколебаний в климатической системе на динамику климата	5	2	2	6			ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
7	Антропогенное воздействие на динамику климата	5	2	2	6	Коллоквиум	1	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>44</b>		<b>12</b>	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета					<b>72 часа</b>			

