

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

СОВРЕМЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы подготовки кадров высшей квалификации по
направлению подготовки

05.06.01 «Науки о Земле»

Направленность (профиль):

Метеорология, климатология, агрометеорология

Квалификация:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Метеорология, климатология,
агрометеорология»


Погорельцев А.И.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

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

Рассмотрен и утвержден на заседании кафедры
30 мая 2020 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Сероухова О.С.

Авторы-разработчики:
 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

Дисциплина "Современное изменение климата" является аспирантской дисциплиной профессионального цикла и базовой дисциплиной, изучаемой по специальности метеорология в аспирантуре.

Целью дисциплины является получение аспирантами комплекса теоретических знаний и практических навыков, предназначенных для выполнения научно-исследовательских работ в области анализа и моделирования изменений климата как на основе данных наблюдений, так при применении современных моделей климатической системы.

Главная задача дисциплины - изучение состояния и результатов научных исследований в области анализа и моделирования современного изменения климата.

Дисциплина изучается аспирантами, обучающимися по программе подготовки аспирантов на метеорологическом факультете.

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;

Дисциплина "Современное изменение климата" для направления подготовки 280200 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки – Аспиранты относится к дисциплинам базовой части профессионального цикла.

Дисциплина включает в себя изучение в виде семинарских занятий современного состояния и результатов исследований в области изменения климата, а также методов анализа и моделирования климатических изменений для цели выполнения самостоятельных научно-исследовательских работ.

Основные разделы курса "Современное изменение климата" требуют предварительного изучения следующих дисциплин:

- специальные главы статистического анализа процессов и полей для выполнения анализа и моделирования;
- климатология для понимания факторов формирования климата и методов обработки климатологической информации;
- теория климата для понимания динамики факторов климатической системы и видов моделей для описания и объяснения динамики климата;
- информатика и вычислительная техника для работы с базами гидрометеорологических данных в Интернете и в стандартных редакторах Microsoft Office;
- программирование для создания отдельных вычислительных и сервисных программ;
- математическая статистика для целей анализа и пространственно-временного моделирования климатической информации;
- физика атмосферы для понимания процессов, участвующих в формировании уравнений радиационного и теплового балансов;
- синоптическая метеорология для понимания факторов атмосферной циркуляции в формировании климата;
- геофизика для понимания динамики геофизических факторов климата.

Таким образом, дисциплина "Современное изменение климата" 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: “Климатология”, “Физика атмосферы, океана и вод суши”, “Геофизика”, “Синоптическая метеорология”, “Динамическая метеорология”, “Статистические методы в метеорологии”. “Специальные главы статистического анализа процессов и полей”.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОК-1	Владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения
ОК-6	Стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства
ОК-8	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
ОК-10	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОК-13	Обладать способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях
ПК-2	Способностью представить современную научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ПК-5	Способностью к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок
ПК-8	Готовностью применять профессиональные знания для решения знакомых задач (ПК- 8);
ПК-10	Владением вычислительными навыками и знанием методов обработки гидрометеорологических данных и информации
ПК-17	Знанием и пониманием принципов производства гидрометеорологических наблюдений в оперативном режиме; руководства и контроля за работой сети наблюдений; подбора и стандартизации приборов и методов наблюдений
ПК-18	Владением основными аспектами гидрометеорологической терминологии, номенклатуры, кодов, соглашений и единиц
ПК-19	Пониманием физико-динамических принципов, ответственных за основные явления и процессы в атмосфере и гидросфере от локального до планетарного масштаба, умением выделять в них антропогенную составляющую

В результате изучения дисциплины “Современное изменение климата” аспирант **должен знать:**

- историю проблемы современных изменений климата и основные международные проекты и мероприятия, связанные с ней;
- результаты исследований в области современного изменения климата, представленные в отчетах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК);
- классификацию климатических моделей и историю их развития;
- установленные закономерности изменения различных климатических характеристик на территории России и мира на основе анализа данных наблюдений;
- основные сценарии будущих изменений климата, представленные в специальном докладе о сценариях выбросов (СДСВ);
- современные физико-математические модели изменения климата, участвующие в эксперименте по сравнению моделей глобальной циркуляции атмосферы и океана для оценки будущего климата;
- результаты сценарных оценок будущего климата, полученные по разным моделям и разным сценариям;
- методы анализа и обработки гидрометеорологической информации с помощью современных программно-вычислительных средств;

В результате изучения дисциплины «Современное изменение климата» аспирант **должен понимать** научную проблему, причины современного изменения климата, состояние и методы исследований, полученные результаты и установленные закономерности, а также наиболее вероятные будущие состояния климата в целом для Земли и для отдельных ее регионов.

Аспирант **должен уметь** самостоятельно провести критический анализ результатов, полученных другими исследователями; знать сайты Интернета, на которых помещена климатическая информация и результаты выполнения международных проектов и уметь работать с ними; проводить самостоятельные научные исследования в области изменений климата, включая анализ климатических изменений на основе данных наблюдений и с помощью статистических методов и моделей; использовать современные вычислительные программы и результаты сценарных оценок, полученных на основе современных физико-математических моделей.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Современное изменение 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	28
практические занятия	14
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	66
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Зачет с оценкой

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

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 Лабора- Прак- тич.	Самост. работа			
1	История проблемы современного изменения климата и международное сотрудничество.	6	2	4	12	Вопросы на лекции.	1	ОК-13, ПК-2
2	Физические основы и факторы современного изменения климата и физико-математические модели.	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе	3	ОК-10, ПК-8, ПК-10, ПК-19
3	Установленные закономерности изменения	6	2	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед	1	ОК-10, ПК-5, ПК-18

	климатических характеристик и статистическое моделирование.					лабораторной работой, отчет по лабораторной работе		
4	Методы и результаты оценки будущего климата.	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе.	2	ОК-1, ОК-6, ПК-17, ПК-18
5	Исторические колебания климата	6	2	6	12	Вопросы на лекции,.	2	ОК-10, ПК-8, ПК-10
	ИТОГО		14	28	66		9	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета и экзамена (36 часов)						108 часов		

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 Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1	История проблемы современного изменения климата и международное сотрудничество.	6	2	4	12	Вопросы на лекции.	1	ОК-13, ПК-2
2	Физические основы и факторы современного изменения климата и физико-математические модели.	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе	3	ОК-10, ПК-8, ПК-10, ПК-19
3	Установленные закономерности изменения климатических характеристик и статистическое	6	2	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной	1	ОК-10, ПК-5, ПК-18

	моделирование.					работе		
4	Методы и результаты оценки будущего климата.	6	4	6	14	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по лабораторной работе.	2	ОК-1, ОК-6, ПК-17, ПК-18
5	Исторические колебания климата	6	2	6	12	Вопросы на лекции.	2	ОК-10, ПК-8, ПК-10
	ИТОГО		14	28	66		9	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета и экзамена (36 часов)						108 часов		

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. История проблемы современного изменения климата и международное сотрудничество

В 1950 г. утверждена международная комиссия по климатологии, усилиями которой в 1957-58 гг. проведен международный геофизический год и многие последующие исследования, связанные, например с Сахельской засухой, наблюдением за озоном, что дало основание сделать в 1976 г. первое предупреждение о возможном изменении современного климата, обусловленного антропогенной деятельностью. Последующие основные международные события: 1978/79гг. - первый глобальный эксперимент ПИГАП (Программа исследований глобальных атмосферных процессов); 1979 г. - первая Всемирная климатическая конференция, которая привела к учреждению Всемирной климатической программ; 1985г. - Венская конвенция об охране озонового слоя; 1994 г. - рамочная конвенция ООН об изменении климата; 1997 г. - принятие Киотского протокола. В начале 21 века проблема глобального изменения климата становится одной из основных проблем человечества и обсуждается в ООН и уровне глав государств.

Международные проекты по проблеме изменения климата и история их развития. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, основные направления ее деятельности, состав и структура оценочных докладов. Четвертый оценочный доклад 2007 г., его содержание и основные выводы.

Международный проект по климатической изменчивости и предсказуемости (CLIVAR): назначение, цели проекта, структурная организация, национальные программы, полученные результаты, публикации, конференции. Другие международные проекты: эксперимент по глобальной энергии и водному циклу (GEWEX), проект по климату и криосфере (CliC).

4.2.2. Физические основы и факторы современного изменения климата и физико-математические модели

Компоненты климатической системы и взаимосвязи между ними. Классификация факторов, влияющих на изменение климата и их характерные временные масштабы. Анализ динамики космических факторов: изменение параметров земной орбиты, солнечная активность, нестабильность вращения Земли. Влияние изменчивости геофизических факторов на климат: перемещение материков и горообразование, вулканическая деятельность, движение магнитных

полюсов, глобальные природные катастрофы. Влияние автоколебаний в климатической системе на изменение климата: зональная циркуляция, центры действия атмосферы, Эль-Ниньо – Южное колебание, Госсфстрим, криосфера.

Хозяйственная деятельность как основной фактор современного изменения климата. Виды хозяйственной деятельности и ее воздействия на климат. Антропогенные факторы, изменяющие локальный климат: урбанизация, воздействие на растительный покров, водный режим (водохранилища, орошение). Изменение глобального климата в виде воздействия на химический состав атмосферы: рост углекислого газа и других газов и аэрозолей. Изменчивость парниковых газов в доиндустриальный и в индустриальный периоды. Другие антропогенные факторы глобального влияния.

Способы моделирования изменений климата. Физико-математические модели климата: история их развития и классификация. Составляющие теории климата и принципы построения моделей. Основные блоки климатической системы и уравнения, используемые для их описания в моделях ОЦАО. Взаимосвязь уравнений и краевых условий, последовательность расчета по модели. Прямые и обратные взаимосвязи, подсчетные процессы. Вычислительные характеристики моделей ОЦАО: разрешение модели, обмен информацией между блоками, вычисляемые характеристики. Воспроизведение современного климата на основе физико-математических моделей. Обнаружение влияния деятельности человека на изменение климата. Чувствительность к оценкам проявлений изменения климата.

4.2.3. Установленные закономерности изменения климатических характеристик и статистическое моделирование.

Основные сведения из истории изменения климата Земли. Климат докембрия: факторы формирования и основные оледенения. Климат фанерозоя: динамика изменения температуры, оледенения, климатические особенности разных периодов. Основные черты установившегося климатического режима. Причины оледенений четвертичного периода, особенности климата позднеледникового. 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.

Оценка состояния климата Земли по данным оценочных докладов МГЭИК. Наблюдаемые изменения в антропогенных воздействиях и концентрациях парниковых газов. Наблюдаемые изменения в температуре воздуха: инструментальные данные о температуре суши и океанов, результаты анализа информации со спутников и шаров-зондов, применение косвенной информации. Наблюдаемые изменения в количестве атмосферных осадков и во влажности атмосферы. Наблюдаемые изменения в площади снежного покрова и материкового и морского льда, уровня моря. Наблюдаемые изменения в системах атмосферной и океанической циркуляции. Изменения в экстремальных метеорологических и климатических явлениях. Обобщенная картина: потепление на земном шаре, в отдельных его частях и другие изменения в климатической системе. Некоторые климатические характеристики, которые не претерпели изменений.

Оценка изменения климатических характеристик на территории России. Особенности климата России, его основные свойства и классификация. Источники информации, используемые для анализа. Особенности изменения температурного режима по территории России, включая сезонные изменения и изменения в экстремумах. Установленные закономерности в изменениях осадков во времени и по отдельным регионам России. Оценка изменения других климатических характеристик: опасные погодные явления, речной сток. Прогноз изменения климата России на ближайшую перспективу.

Цель и задачи статистического анализа и моделирования климатических процессов. Общая последовательность построения статистических моделей. Основные виды статистических моделей: стационарная - однородная и нестационарная – неоднородная реализация и соответствующие им теоретические постулаты. Ряды климатических характеристик как неоднородный и композиционный процесс. Основные существующие методы сглаживания,

фильтрации и декомпозиции, включая осреднение, гармонический анализ. Соответствие методов декомпозиции основным свойствам климатических процессов, их ограничения и недостатки. Статистические методы оценки погрешности процесса.

Применением методов статистического моделирования для оценки климатических изменений. 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. Методы и результаты оценки будущего климата

Цели и задачи оценки будущего климата в соответствии с МГЭИК: чувствительность к изменению климата (уязвимость), адаптация и смягчение последствий для отдельных регионов Земли и отраслей экономики. Методы прогноза и оценки будущего климата: сценарии изменений и математические модели климата, использование климатических палеоаналогов, использование установленных закономерностей во времени для экстраполяции.

Оценки ожидаемых будущих изменений климатических характеристик, полученные на основе установленных закономерностей по данным наблюдений для отдельных районов Земли. Результаты применения палеоаналогов для оценки будущего климата.

Сценарии развития человечества и энергетического воздействия на климат, их перечень и описание в специальном докладе МГЭИК о сценариях выбросов (СДСВ). Сравнение опорных сценариев и сценариев стабилизации. Основные характеристики сценариев семейства A2, A1B, B1, B2 и динамика изменения CO₂ до конца 21 века, полученная на их основе.

Международный проект по сравнению физико-математических моделей климата при воспроизведении настоящих и будущих климатических условий (AMIP). Результаты экспериментов по моделированию будущего климата по различным моделям и сценариям, приведенные в проекте CMIP3. Описание основных экспериментов и моделей, участвующих в проекте. Основные закономерности будущего климата, полученные по моделям общей циркуляции атмосферы и океана.

Проекция изменений климата и его последствий в различных регионах планеты и для различных отраслей экономики: водные ресурсы, экосистемы, продовольствие, здоровье, прибрежные территории. Влияние на последствия типа сценария, степени адаптации и путей социально-экономического развития.

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 CO₂ в историческом изменении глобальной температуры. Изменение основных климатических характеристик. Палеоклимат отдельных регионов на примере Арктики.

Причины оледенений четвертичного периода. Особенности климата позднеледникового 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	Основные направления деятельности и полученные результаты в проекте МГЭИК (работа с сайтом Интернета).	Лабораторная работа	ОК-13, ПК-2, ПК-17, ПК-18.
2	1	Основные направления деятельности и полученные результаты в проекте CLIVAR (работа с сайтом Интернета).	Практическая работа	ОК-1, ОК-6, ПК-8, ПК-17.
3	2	Естественные факторы климата и основные характеристики их изменчивости.	Лабораторная работа	ОК-8, ПК-10, ПК-17.
4	2	Антропогенные факторы климата и основные характеристики их изменчивости.	Лабораторная работа	ОК-10, ПК-8, ПК-10.
5	2	Физико-математические модели климата.	Практическая работа	ОК-10, ПК-8, ПК-10, ПК-17.
6	3	Исторические изменения климата.	Практическая работа	ОК-10, ПК-8, ПК-10, ПК-18.
7	3	Оценка состояния климата Земли по данным наблюдений (оценочные доклады МГЭИК).	Лабораторная работа	ОК-10, ПК-17, ПК-19.
8	3	Оценка состояния климата России по данным наблюдений.	Практическая работа	ОК-10, ПК-2, ПК-8, ПК-19.
9	3	Методы и вычислительные программы для эмпирико-статистического анализа изменений климата.	Лабораторная работа	ОК-10, ПК-10, ПК-19.
10	3	Применение статистических методов для оценки климатических	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-6,

		изменений (на заданном материале)		ПК-10.
11	4	Сценарии выбросов в докладе МГЭИК (работа с сайтом Интернета)	Практическая работа	ОК-10, ПК-8, ПК-10.
12	4	Оценка будущих изменений климатических характеристик в заданном регионе (работа с сайтом проекта СМIP3).	Практическая работа	ОК-1, ОК-8, ПК-5, ПК-19.
13	4	Оценки ожидаемых будущих изменений климатических характеристик.	Лабораторная работа	ОК-10, ПК-8, ПК-10, ПК-19.

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.

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 сумма 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.

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

Перечень вопросов к зачету

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, CliC

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 нестабильности 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. Центы 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 CO₂ 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 AMIP, чувствительность моделей к изменению CO₂. 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 CO₂ в историческом изменении глобальной температуры. Палеоклимат Арктики
33. Причины оледенений четвертичного периода. Особенности климата позднеледникового 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.

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://elibrshu.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://elibrshu.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://elibrshu.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
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.: Гидрометеиздат, 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.: Гидрометеиздат, 1991. – 296 с.
5. И.Л. Кароль Введение в динамику климата Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1988 – 216 с.
6. Н.В. Кобышева. Г.Я.Наровлинский Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 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.: Гидрометеиздат, 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	Организация деятельности студента
Лекции (темы №1-8)	<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>
Лабораторные и 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 зачету и экзамену	<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	<u>информационные технологии</u> 1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, 2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты 3. проведение компьютерного тестирования 4. работа с базами метеорологических данных <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Пакет Microsoft Word, Excel, PowerPoint. 2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru 3. Сервер дистанционного обучения РГГМУ MOODL http://moodle.rshu.ru 4. Базы метеорологических и климатических данных http://www.wetterzentrale.de , http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?so meone 5. Архивы многолетних рядов среднемесячных температур воздуха и сумм месячных осадков

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 30.05.2020 г. № 9