

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В
АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению
подготовки

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):

Полярная метеорология и климатология

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Полярная метеорология
и климатология»


Лобанов В.А..

Утверждаю

Председатель УМС  И.И. Палкин

и

Рекомендована решением
Учебно-методического совета

22 09 2020 г., протокол № 1

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

29 мая 2020 г., протокол № 14

И.о.зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:

 Смышляев С.П.

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

© Смышляев С.П. 2020
© РГГМУ, 2020.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование климатических изменений в Арктическом регионе» является одной из основных дисциплин специализации, формирующих компетенции магистров по направлению 05.03.03 – Прикладная гидрометеорология, обучающихся по профилю подготовки – Полярная метеорология и климатология.

Цель дисциплины – освоение обучающимися принципов построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, способных создавать гидродинамические модели атмосферных процессов и грамотно использовать результаты моделирования.

Основной задачей дисциплины является освоение

- физических основ построения гидродинамических моделей атмосферы,
- теоретических принципов разработки и функционирования гидродинамических моделей атмосферы в полярных районах,
- численных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- особенностей применения результатов гидродинамического моделирования при оценке изменчивости климата в полярных районах.

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

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование климатических изменений в Арктическом регионе» для направления подготовки 05.03.03 – Прикладная гидрометеорология относится к дисциплинам по выбору общеобразовательного цикла по профилю подготовки «Полярная метеорология и климатология».

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Физика», «Информатика», «Вычислительная математика», «Математика (теория вероятности и статистика)», «Динамическая метеорология», «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации», «Геофизика», «Иностранный язык», «Численные методы математического моделирования».

Дисциплина «Моделирование климатических изменений в Арктическом регионе» является базовой для освоения дисциплин: «Моделирование природных процессов», «Технические аспекты гидродинамического моделирования атмосферных процессов», «Численные методы, используемые в атмосферных моделях», «Дополнительные разделы численных методов решения задач гидродинамики», «Ассимиляция гидрометеорологических данных», «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями», «Моделирование общей циркуляции атмосферы».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики
ОПК-3	способность анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
ПК-3	Способность прогнозировать основные параметры атмосферы, океана и вод суши на основе проведенного анализа имеющейся

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Моделирование климатических изменений в Арктическом регионе» обучающийся должен:

Знать:

- физическую и математическую постановку задачи гидродинамического моделирования атмосферных физических и химических процессов;
- системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;
- методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;
- методы анализа конечно-разностных схем;
- способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;
- численные методы интегрирования уравнений гидродинамических моделей.

Уметь:

- разрабатывать алгоритмы гидродинамического моделирования состава атмосферы;
- применять современные численные методы и другие количественные технологии в научных исследованиях и прогностических разработках по численному моделированию изменчивости климата;
- пользоваться численными моделями состава нижней и средней атмосферы;
- проводить численные эксперименты по моделированию изменчивости климата.
- анализировать результаты численных расчетов изменения климата;

Владеть:

- современными методами численного прогноза климата;
- способами учета взаимодействия физических и химических процессов в нижней атмосфере.
- методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;
- методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.

Иметь представление

о состоянии научной проблемы изменения климата и влиянии изменчивости климата на состояние окружающей среды и экономическое развитие.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Моделирование климатических изменений в Арктическом регионе» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

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

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

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

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

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	
	2020 г. набора	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	28	
в том числе:		
лекции	14	
практические занятия	-	
лабораторные занятия	14	
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	44	
в том числе:		
курсовая работа	-	
контрольная работа	-	
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Зачет	

4.1. Структура 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	Семиры Лаборат. Практич.	Самост. Работа			
1	Особенности климата полярных районов	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3
2	Постановка задачи моделирования изменения климата полярных районов	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ПК-3
3	Моделирование режимов облачности и ее влияния на радиационный и температурный режимы в полярных районах.	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-3 ПК-3
4	Моделирование и параметризация особенностей	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ПК-3

	пограничного слоя атмосферы полярных областей для использования в климатических моделях.							
5	Моделирование и параметризация особенностей газообмена в полярных областях для использования в климатических моделях.	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ПК-3
6	Моделирование формирования и эволюции циркумполярного вихря в полярных районах.	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ПК-3
7	Моделирование связи процессов в полярных регионах с глобальными процессами	7	2	2	8	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ПК-3
ИТОГО:			14	14	44		72 часа	

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. Особенности климата полярных районов.

Арктическое усиление. Особенности теплового излучения и альбедо в полярных районах. Особенности вертикальной стратификации в полярных районах. Влияние ледового покрова на климат в полярных районах. Циркумполярный вихрь и его влияние на климат полярных районов. Полярная ночь и ее влияние на полярный климат. Методы изучения изменений климата.

4.2.2. Постановка задачи моделирования изменения климата полярных районов.

Моделирование энергообмена атмосферы и океана в полярных районах. Влияние ледяного покрова на энергообмен между атмосферой и океаном. Холодные вторжения в полярных районах. Особенности циркуляции в высоких широтах и ее влияние на годовой ход температуры в высоких широтах. Траектории циклонов и антициклонов, повторяемость барических систем и их траекторий в различных частях земного шара. Особенности циркуляции атмосферы внутри тропических широт. Внутритропическая зона конвергенции. Тропические циклоны. Климатическая роль пассатов и муссонов. Различные взгляды на муссонную циркуляцию. Влияние циркуляции атмосферы на термический режим и режим увлажнения.

4.2.3. Моделирование режимов облачности и ее влияния на радиационный и температурный режимы в полярных районах.

Моделирование развития конвективной облачности в полярных районах. Моделирование смешанных облаков в полярных районах. Моделирование связи облачности и полярных циклонов. Влияние облачности на длинноволновую радиацию в полярных районах. Осадки в полярных районах.

4.2.4. Моделирование и параметризация особенностей пограничного слоя атмосферы полярных областей для использования в климатических моделях

Особенности прогрева, роста и увлажнения конвективного атмосферного пограничного слоя над открытой водой и льдом. Моделирование потоков явного тепла над открытой водой и льдом. Потоки скрытого тепла над открытой водой и льдом. Образование конвективной облачности в пограничном слое атмосферы полярных районов. Моделирование сезонной изменчивости характеристик пограничного слоя атмосферы в полярных районах. Моделирование влияния холодных вторжений на характеристики пограничного слоя атмосферы в полярных районах.

4.2.5. Моделирование и параметризация особенностей газообмена в полярных областях для использования в климатических моделях.

Газовые гидраты в донных отложениях. Эмиссии метана из газовых гидратов при изменениях климата. Моделирование термодинамической стабильности газовых гидратов в донных отложениях полярных районов. Дестабилизация газовых гидратов в высоких широтах. Моделирование влияния газовых гидратов на радиационный режим полярных районов. Влияние полярных газовых гидратов на климат неполярных районов.

4.2.6. Моделирование формирования и эволюции циркумполярного вихря в полярных районах.

Структура циркумполярного вихря. Влияние зонального ветра на циркумполярный вихрь в полярных районах. Влияние атмосферных волн на полярный вихрь. Влияние орографии на циркумполярный вихрь. Сходство и различия структуры циркумполярного вихря в Арктике и Антарктике. Влияние внезапных стратосферных потеплений на устойчивость циркумполярного вихря. Моделирование циркумполярного вихря в региональных моделях климата. Моделирование циркумполярного вихря в глобальных климатических моделях.

4.2.7. Моделирование связи процессов в полярных регионах с глобальными процессами.

Полярные процессы как часть общей циркуляции атмосферы. Моделирование сезонной изменчивости полярной динамики. Влияние южного колебания на устойчивость циркумполярного вихря и процессы внутри него. Влияние квазидвухлетних колебаний на устойчивость циркумполярного вихря и процессы внутри него. Влияние изменений климата на устойчивость циркумполярного вихря. Арктическое колебание и кольцевые моды в северном полушарии. Композитные структуры в поле ветра, соответствующие сильному и слабому полярному вихрю. Чувствительность циркуляции внетропической тропосферы к термическим возмущениям полярной стратосферы.

4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1,2	Постановка задачи численного	Практическая	ОПК-1,

		моделирования изменений климата.	работа	
2	2	Расчет эффективной температуры Земли как планеты на основе интегральных соотношений.	Практическая работа	ОПК-3, ППК-1
3	3,4,5,6	Расчет спектрального пропускания солнечной радиации атмосферой	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-3, ПК-3
4	7	Расчет нагрева атмосферы солнечной радиацией.	Практическая работа	ОПК-3, ОК-3
5	8,9	Расчет охлаждения атмосферы уходящей радиацией.	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-3, ОК-5,
6	10,12	Расчет адвективного переноса тепла.	Практическая работа	ППК-1, ОК-3, ОК-5
7	11.13,14	Расчет скрытых потоков тепла.	Практическая работа	ОПК-1, ППК-1, ПК-3

Семинарских и лабораторных занятий учебным планом не предусмотрено.

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

5.1. Текущий контроль

а). Образцы тестовых заданий текущего контроля

Вопросы на лекции:

1. *Какие фундаментальные законы физики являются основой для уравнений климатической системы?*
2. *Какие основные процессы влияют на изменение климата*
3. *Какие методы можно применять для решения уравнений климатической модели*
4. *Какие процессы определяют нагрев и охлаждение атмосферы?*
5. *Как можно рассчитать перенос тепла в атмосфере?*
6. *Какую роль играют скрытые потоки тепла в климатических моделях?*
7. *Что такое модели промежуточной сложности?*
8. *Почему изменения климата в Арктике происходят быстрее, чем в других районах?*

б). Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

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

в). Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

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

5.3. Промежуточный контроль: зачет

Перечень вопросов к зачету:

1. Вычислить содержание атмосферных газов при заданных отношениях смеси.
2. Оценить время жизни первичных атмосферных примесей.
3. Рассчитать скорость образования вторичных атмосферных газов при заданных концентрациях первичных атмосферных газов?
4. Оценить вертикальное перемешивание атмосферных газов при заданных коэффициентах турбулентности.
5. Сравнить атмосферный перенос коротко и долгоживущих атмосферных примесей.
6. Оценить скорость гравитационного осаждения аэрозольных частиц разных размеров.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Воздействие изменения климата на российскую Арктику: анализ и пути решения проблемы. WWF России. – М., 2008. – 28 с.
2. Цатуров Ю. С. Клепиков А. В. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета– Арктика: экология и экономика. — 2012 — №4(8). — С. 76-81.
3. Володин Е.М., Дианский Н.А. Моделирование циркуляции атмосферы. Курс лекций. – Москва, РАН, МГУ, 2017. – 96 с..
4. Кислов А.В. Климатология с основами метеорологии. – Издательский центр «Академия», М. 2016. – 224 с.

б) дополнительная литература:

1. Arctic Climate Impact Assessment / ACIA. — Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2005. — 1042 p
2. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) / Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). — Oslo: F. L. Miller and S. J. Barry, 2011.
3. Callaghan T. V., Johansson M., Key J. et al. Feedbacks and interactions: From the Arctic cryosphere to the climate system // Ambio. — 2011. — Vol. 40. — P. 75—86. — doi:10.1007/s13280-011-0215-8.

4. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. — 2012 — №2(6). — С. 66-79.

6. Матвеев Л. Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. Л. : Гидрометеиздат, 1991. С. 158–180.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Электронный ресурс <http://polaruni.ru/aktualnye-issledovaniya/izmenenie-klimata/>

2. Электронный ресурс. <http://www.imces.ru/media/uploads/2-Semenov.pdf>

3. Электронный ресурс. <https://xn---8sbbmfaxaqb7dzafb4g.xn--p1ai/izmenenie-klimata-arktiki-kakie-posledstviya-nas-zhdut/>

4. Электронный ресурс. <https://ru.arctic.ru/climate/>

5. Электронный ресурс. <https://ecoportal.info/klimat-arktiki/>

6. Электронный ресурс. _

https://elementy.ru/novosti_nauki/433457/Poteplenie_v_Arktike_mozhet_privesti_k_zasukhe_v_srednikh_shirotakh

7. Электронный ресурс. https://ru.qwe.wiki/wiki/Climate_model

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции (темы №1, 2, 4, 6, 8, 10, 14)	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий, технических характеристик с помощью интернет ресурсов с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет</p>
Практические занятия (темы №1-14)	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом. Решение тестовых заданий, решение задач и другие виды работ.</p>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету и т.д.</p>

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

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1 - 14	<p><u>информационные технологии</u></p> <p>1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций,</p> <p>2. организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты</p> <p>3. использование архивов данных, ассимилированных в модель UK Met Office и MERRA2, пакет прикладных программ, предназначенных для анализа и диагностики волновых процессов и нелинейных взаимодействий в атмосфере.</p> <p><u>образовательные технологии</u></p> <p>1. интерактивное взаимодействие педагога и студента</p> <p>2. сочетание индивидуального и</p>	<p>1. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint.</p> <p>2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru</p> <p>3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов: http://ra.rshu.ru/mps/dwn/apogor/Динамика/ http://ra.rshu.ru/mps/dwn/apogor/Нелинейные_процессы/</p> <p>4. Данные ре-анализов NASA: http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/</p> <p>5. Данные ре-анализов NASA: http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/document_s/MERRA_File_Specification.pdf</p> <p>6. Данные ре-анализов UK MET OFFICE http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assisim</p> <p>7. Данные ре-анализов UK MET OFFICE http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/ind</p>

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

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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

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

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

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