

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ ПОЛЯРНЫХ  
РЕГИОНОВ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы подготовки кадров высшей квалификации  
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

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 июня 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
13 мая 2019 г., протокол № 10  
Зав. кафедрой  Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:  
 Смышляев С.П.

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

© Смышляев С.П. 2019  
© РГГМУ, 2019.

## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование состава атмосферы полярных регионов» является одной из основных дисциплин специализации, формирующих компетенции магистров по направлению 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология, обучающихся по профилю подготовки – Прикладная метеорология.

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,
- численных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- основ применения результатов гидродинамического моделирования при составлении оперативных прогнозов погоды.

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование состава атмосферы полярных регионов» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология относится к дисциплинам по выбору общеобразовательного цикла по профилю подготовки «Прикладная метеорология».

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».

Дисциплина «Моделирование состава атмосферы полярных регионов» 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», «Численные методы математического моделирования», «Усвоение данных наблюдений гидродинамическими моделями», «Численное моделирование процессов переноса и трансформации газовых примесей», «Моделирование общей циркуляции атмосферы».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОК-2	способность решать стандартные профессиональные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности

<b>ОК-3</b>	способность к эффективной коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке
<b>ОПК-1</b>	способностью представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики
<b>ОПК-3</b>	способностью анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
<b>ПК-3</b>	способностью прогнозировать основные параметры атмосферы, океана и вод суши на основе проведенного анализа имеющейся информации
<b>ППК-1</b>	умение решать, реализовывать на практике и анализировать результаты решения гидрометеорологических задач

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Моделирование состава атмосферы полярных регионов» 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 состава атмосферы;
- пользоваться численными моделями состава нижней и средней атмосферы;
- проводить численные эксперименты по моделированию изменчивости состава атмосферы.
- анализировать результаты численных расчетов изменения состава атмосферы;

Владеть:

- современными методами численного прогноза газового и аэрозольного состава атмосферы;
- 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 состава атмосферы и влиянии изменчивости содержания атмосферных газов и аэрозолей на состояние окружающей среды и экономическое развитие.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Моделирование состава атмосферы полярных регионов» сведены в таблице.

**Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания**

Этап (уровень) освоения компетенции	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	<b>Владеть:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Не владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Слабо владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Слабо владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.	<b>Свободно владеет:</b> навыками анализа атмосферных процессов с помощью уравнений гидро- и термодинамики.
	<b>Уметь:</b> - 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.	<b>Не умеет:</b> - 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.	<b>Затрудняется:</b> - 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.	<b>Хорошо умеет:</b> - 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.	<b>Отлично умеет:</b> - 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.
	<b>Знать:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности преобразования различных	<b>Не знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности преобразования различных	<b>Плохо знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности преобразования различных форм энергии в атмосфере.	<b>Хорошо знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности	<b>Отлично знает:</b> - основные законы, используемые при описании динамики атмосферы; - механизмы формирования широкого спектра атмосферных процессов; - особенности

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

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



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

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	
	2019 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	14	
лабораторные занятия	0	
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	44	
в том числе:		
курсовая работа	-	
контрольная работа	-	
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Зачет	

#### 4.1. Структура дисциплины Очное обучение

№ 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 Лаб. Практич.	Самост. работа			
1	Атмосферные газы и аэрозоли и их экологическая роль.	7	2	0	4	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ОК-3 ПК-3
2	Постановка задачи моделирования состава атмосферы	7	2	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ППК-1 ОК-2 ПК-3
3	Физические и химические процессы, влияющие на изменчивость содержания атмосферных газов и аэрозолей в атмосфере.	7	2	0	2	Вопросы на лекции		ППК-1 ОПК-3 ОК-5 ПК-3

4	Система уравнений баланса газовых примесей атмосферы	7	0	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-2 ОК-2 ОК-3
5	Влияние локальных процессов на изменение состава атмосферы.	7	2	0	4	Вопросы на лекции		ОПК-1 ППК-1 ПК-3 ОК-5
6	Влияние солнечной радиации на распределение атмосферных газов.	7	0	2	6	Вопросы на лекции		ППК-1 ОК-3 ОК-5 ПК-3
7	Параметризация скоростей химических процессов в атмосфере.	7	0	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ОК-2 ПК-3
8	Роль атмосферного переноса изменчивости состава атмосферы.	7	2	0	4	Вопросы на лекции		ОПК-1 ППК-1 ОК-2 ОК-3
9	Роль вертикального переноса изменчивости состава атмосферы.	7	2	0	4	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ПК-3
10	Численные методы решения уравнений баланса атмосферных газов	7	0	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ППК-1 ОК-5
11	Численное моделирование локальных процессов изменения химического состава атмосферы.	7	0	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ОК-3 ОК-5
12	Численное моделирование влияния атмосферного переноса на изменение состава атмосферы.	7	0	2	6	Вопросы на лекции		ОПК-3 ППК-1 ПК-3
13	Влияние глобальных процессов на изменение состава атмосферы.	7	2	0	2	Вопросы на лекции		ОПК-1 ОПК-3 ОК-2 ОК-5
14	Численное моделирование взаимодействия физических химических процессов	7	2	0	4	Вопросы на лекции		ОПК-1 ППК-1 ПК-3 ОК-5

	атмосфере.						
<b>ИТОГО:</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>66</b>			

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1. Атмосферные газы и аэрозоли и их экологическая роль.

Малые газы нижней атмосферы. Их влияние на состав атмосферы, экологические проблемы с ними связанные. Пространственные и временные масштабы изменчивости малых газов нижней атмосферы. Особенности переноса малых газов в тропосфере. Методы изучения газового состава атмосферы.

### 4.2.2. Постановка задачи моделирования состава атмосферы.

Аналитические и численные модели атмосферы. Ограниченность аналитических моделей состав атмосферы. Диагностические и прогностические модели состава атмосферы. Начальные условия для численных моделей состава атмосферы. Граничные условия для моделей состава атмосферы.

### 4.2.3. Физические и химические процессы, влияющие на изменчивость содержания атмосферных газов и аэрозолей в атмосфере.

Физические и химические процессы, определяющие изменчивость малых газов в атмосфере. Взаимодействие и обратные связи между физическими и химическими процессами в атмосфере. Единицы измерений содержания малых газов в атмосфере. Проблема моделирования распределения и изменчивости малых газов в нижней атмосфере. Постановка задачи. Виды моделей.

### 4.2.4. Система уравнений баланса газовых примесей атмосферы.

Фундаментальные законы физики как основа для уравнений баланса атмосферных примесей. Вывод уравнений баланса атмосферных примесей на основе закона сохранения массы. Уравнения баланса атмосферных примесей в потоковой и адвективной форме. Уравнение баланса атмосферных примесей в сферической системе координат.

### 4.2.5. Влияние локальных процессов на изменение состава атмосферы.

Расширенное уравнение баланса атмосферных примесей. Роль локальных процессов в формировании распределения атмосферных примесей. Времена жизни атмосферных примесей. Моделирование одновременного влияния локальных и масштабных процессов на изменение состава атмосферы.

### 4.2.6. Влияние солнечной радиации на распределение атмосферных газов.

Распространение солнечной радиации в Земной атмосфере. Прохождение солнечной радиации через плоско-параллельную и сферическую атмосферу. Оптическая масса атмосферы. Полный поток коротковолновой радиации в атмосфере. Параметризация процессов фотодиссоциации в уравнениях баланса газовых примесей. Радиационный баланс Земли как планеты. Нагрев атмосферы при поглощении солнечной радиации атмосферными газами. Парниковый эффект и его простейшая модель. Возмущение радиационного баланса при увеличении концентраций парниковых газов.

#### ***4.2.7. Параметризация скоростей химических процессов в атмосфере.***

Применение принципов химической кинетики к моделированию изменчивости состава атмосферы. Столкновительная теория химических процессов в атмосфере. Химические реакции разного порядка. Параметризация скоростей бимолекулярных химических реакций. Трехмолекулярные химические реакции в атмосфере. Реакции мономолекулярного распада в атмосфере. Создание сжатых схем химических реакций для зон с интенсивным загрязнением. Методы моделирования перераспределения атмосферных газов в региональном масштабе.

#### ***4.2.8. Роль атмосферного переноса в изменчивости состава атмосферы.***

Горизонтальный перенос массы в атмосфере. Процессы, влияющие на глобальное перераспределение газов и аэрозолей. Методы моделирования глобального переноса. Проблема переноса массы через полюс и методы его моделирования.

#### ***4.2.9. Роль вертикального переноса в изменчивости состава атмосферы.***

Особенности вертикального переноса в атмосфере. Силы плавучести и устойчивость в атмосфере. Потенциал для влияния атмосферных малых газов на изменения климата. Глобальное потепление и влияние малых газов на этот процесс. Радиационные эффекты атмосферного аэрозоля. Моделирование влияния малых газов на изменения климата.

#### ***4.2.10. Численные методы решения уравнений баланса атмосферных газов.***

Конечно-разностная аппроксимация дифференциальных операторов моделей состава атмосферы. Аппроксимация пространственных операторов моделей состава атмосферы. Смешанная краевая задача состава атмосферы. Сведение смешанной краевой задачи к задаче с начальными данными (задаче Коши). Временные масштабы и времена жизни атмосферных газов. Метод шагов по времени.

#### ***4.2.11. Численное моделирование локальных процессов изменения химического состава атмосферы.***

Применение принципов химической кинетики к атмосферным химическим процессам. Жесткость системы уравнений баланса газовых примесей в атмосфере. Требования к численным методам решения уравнений химической кинетики. Явные и неявные методы решения уравнений химической кинетики. Полуаналитический квазистационарный метод решения уравнений химической кинетики. Полуявные итерационные методы решения уравнений химической кинетики в атмосфере. Многошаговые явно-неявные методы. Методы высокого порядка аппроксимации, метод Гира.

#### ***4.2.12. Численное моделирование влияния атмосферного переноса на изменение состава атмосферы.***

Численное решение уравнений баланса газовых примесей. Метод шагов по времени. Метод расщепления уравнений баланса газовых примесей. Метод переменных направлений для расчета переноса газов в атмосфере. Адвективная и потоковая формы уравнения переноса атмосферных газов. Методы решения уравнения переноса в адвективной форме. Методы решения уравнения переноса в потоковой форме. Полулагранжевая схема переноса газовых примесей.

#### ***4.2.13. Влияние глобальных процессов на изменение состава атмосферы.***

Взаимодействие глобальных и региональных моделей состава атмосферы. Модели на вложенных сетках. Начальные и граничные условия для моделей состава атмосферы разного масштаба. Временные масштабы глобальных и региональных моделей состава атмосферы.

#### **4.2.14. Численное моделирование взаимодействия физических и химических процессов в атмосфере.**

Взаимодействие физических и химических процессов в региональном и глобальном масштабах. Влияние состава атмосферы на изменения климата и погоды. Интегрированное моделирование одновременного изменения погоды, климата и качества воздуха. Химико-климатические модели. Модели химической погоды. Онлайн и офлайн взаимодействие моделей численного прогноза погоды и качества воздуха в глобальном и региональном масштабах. Моделирование влияния опасных явлений погоды на изменения состава атмосферы.

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

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1	Аппроксимация производных и уравнений с частными производными.	Практическая работа	ОПК-1,
2	2	Решение уравнений химической кинетики.	Практическая работа	ОПК-3, ППК-1
3	3	Аппроксимация уравнений модели переноса газов в региональном масштабе.	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-3, ПК-3
4	4	Практическое использование оффлайновых и онлайн-схем моделирования качества воздуха.	Практическая работа	ОПК-3, ОК-3
5	5	Схемы расщепления физических и химических процессов.	Практическая работа	ОПК-1, ОПК-3, ОК-5,
6	6	Решение уравнений изменения состава атмосферы.	Практическая работа	ППК-1, ОК-3, ОК-5
7	7	Моделирование взаимодействия физических и химических процессов в атмосфере.	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. *Как малые газы атмосферы влияют на состав атмосферы?*
2. *Какие основные процессы влияют на изменение состава атмосферы?*
3. *В чем разница влияния газов и аэрозолей на состав атмосферы?*
4. *Какие фундаментальные законы определяют уравнения изменения состава атмосферы?*
5. *Что такое вторичные загрязнители атмосферы?*
6. *В чем состоит применение химической кинетики к атмосферным процессам?*
7. *Как учесть одновременное влияние локальных процессов и переноса на состав атмосферы?*
8. *Как глобальные процессы могут повлиять на локальный состав атмосферы?*

#### **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. Физика и химия атмосферы. Курс лекций. КОМФ УрГУ. 2012 - [ftp://remotesensing.ru/PhysChemAtm\\_lecture1.ppt](ftp://remotesensing.ru/PhysChemAtm_lecture1.ppt).
2. Алюян А.Е. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере – М.: Наука. – 2008. - 416 с.
3. Jacob D. Introduction to atmospheric chemistry. 4th Edition. 2011. – <http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/index.html>.
4. Flynn G. The kinetics of atmospheric ozone. Columbia University. 2012. - [http://www.columbia.edu/itc/chemistry/chem-c2407/hw/ozone\\_kinetics.pdf](http://www.columbia.edu/itc/chemistry/chem-c2407/hw/ozone_kinetics.pdf)

### **б) дополнительная литература:**

1. Brasseur G., Orlando J.J., Tyndall G.S. Atmospheric chemistry and global change – Oxford University Press, 1999.
2. Seinfeld J. Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change. – J.Wiley & sons, Inc., New Jersey, USA, 2006.
3. Jacobson M.Z. Fundamentals of atmospheric modeling – Cambridge University Press, 2005. – 813 p.

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Электронный ресурс. <http://acmg.seas.harvard.edu/education.html>
2. Электронный ресурс. <http://www.columbia.edu/itc/chemistry/chem-c2407/hw/>
3. Электронный ресурс. [ftp://remotesensing.ru/PhysChemAtm\\_lecture1.ppt](ftp://remotesensing.ru/PhysChemAtm_lecture1.ppt)
4. Электронный ресурс. <http://www.theozonehole.com/aboutus.htm>
5. Электронный ресурс. <http://www.learner.org/courses/envsci/unit/text.php?unit=2&secNum=0>
6. Электронный ресурс. [http://www.ccpo.odu.edu/SEES/ozone/oz\\_class.htm](http://www.ccpo.odu.edu/SEES/ozone/oz_class.htm)
7. Электронный ресурс. <http://rpw.chem.ox.ac.uk/atmos.html>



## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
<b>Лекции</b> (темы №1-14)	<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>
<b>Практические занятия</b> (темы №1-7)	<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>
<b>Подготовка к зачету</b>	<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 и 6	<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 <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a></p> <p>3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов: <a href="http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Динамика/">http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Динамика/</a> <a href="http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Нелинейные_процессы/">http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Нелинейные_процессы/</a></p> <p>4. Данные ре-анализов NASA: <a href="http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/">http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/</a></p> <p>5. Данные ре-анализов NASA: <a href="http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/document_s/MERRA_File_Specification.pdf">http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/document_s/MERRA_File_Specification.pdf</a></p> <p>6. Данные ре-анализов UK MET OFFICE <a href="http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assim">http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assim</a></p> <p>7. Данные ре-анализов UK MET OFFICE <a href="http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/index">http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/index</a></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: <a href="http://ra.rshu.ru">http://ra.rshu.ru</a> , <a href="http://ra.rshu.ru/mp">http://ra.rshu.ru/mp</a> .
--	------------------------	---

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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