

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**Численное моделирование переноса атмосферных примесей**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы магистратуры по направлению  
подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Моделирование атмосферных процессов**



Квалификация:  
**Магистр**


Форма обучения  
**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Моделирование атмосферных  
процессов»

  
Анискина О.Г.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
  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 «Численное моделирование переноса атмосферных примесей» является одной из основных дисциплин специализации, формирующих компетенции магистров по направлению 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, обучающихся по профилю подготовки – Моделирование атмосферных процессов.

Цель дисциплины – освоение обучающимися современных методов расчета переноса атмосферных газовых и аэрозольных примесей атмосферными потоками, изучение перспектив дальнейшего развития моделирования состава атмосферы.

Основной задачей дисциплины является ознакомление будущих магистров

- с основными методами численного моделирования переноса примесей атмосферы;
- с процессами влияния переноса атмосферных газовых и аэрозольных примесей на изменчивость состава и структуры атмосферы;
- с особенностями атмосферного переноса примесей в разных высотных слоях атмосферы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численное моделирование переноса атмосферных примесей» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла подготовки магистров по профилю подготовки «Моделирование атмосферных процессов».

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Вычислительная математика», «Физика», «Механика жидкостей и газа», «Физика атмосферы», «Динамическая метеорология», «Численные методы математического моделирования», «Дополнительные разделы численных методов решения задач гидродинамики». Параллельно с дисциплиной «Численное моделирование переноса атмосферных примесей» изучаются такие дисциплины, как: «Дополнительные главы математики», «Технические аспекты гидродинамического моделирования атмосферных процессов», «Моделирование общей циркуляции атмосферы». Дисциплина «Численное моделирование переноса атмосферных примесей» является базовой для освоения дисциплин: «Физические основы формирования климата», «Основные закономерности общей циркуляции атмосферы», «Основы теории Солнечно-Земных связей».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОК-1	Способность решать стандартные профессиональные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности.
ОК-2	Способность решать стандартные профессиональные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности.
ОПК-3	Способность ставить задачи исследования, выбирать методы

	экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований.
<b>ОПК-5</b>	Готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.
<b>ПК-1</b>	Понимание и творческое использование в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин.

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Численное моделирование переноса атмосферных примесей» обучающийся должен:

Знать:

- научное состояние проблемы контроля и прогноза содержания газовых и аэрозольных примесей в земной атмосфере;
- методы научных исследований в области численного моделирования изменчивости содержания атмосферных примесей;
- методику построения численных схем переноса атмосферных примесей.

Уметь:

- формулировать задачи научных исследований, находить оптимальные пути их решения, организовывать выполнение научных программ;
- применять современные численные методы и другие количественные технологии в научных исследованиях и прогностических разработках по численному моделированию переноса атмосферных примесей;
- пользоваться численными моделями состава атмосферы;
- составлять научные отчеты и статьи о постановке, методах, результатах и практических приложениях научных исследований;
- проводить численные эксперименты по моделированию переноса атмосферных примесей в диагностическом и прогностическом режимах.

Владеть:

- современными методами численного прогноза погоды и качества воздуха;
- способами учета переноса атмосферных примесей при численном прогнозе изменения состава атмосферы.

Иметь представление

о состоянии научной проблемы короткопериодных и долгопериодных изменений состава атмосферы и влиянии изменчивости содержания атмосферных газов и аэрозолей на состояние окружающей среды и экономическое развитие.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Численное моделирование переноса атмосферных примесей» 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 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2020 г. набора
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>144 часа</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>56</b>
в том числе:	
лекции	<b>28</b>
практические занятия	<b>28</b>
семинарские занятия	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>88</b>
в том числе:	
курсовая работа	-
контрольная работа	-
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>экзамен</b>

#### 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 Лабораг. Практич.	Самост. работа			
1	Атмосферные газы и аэрозоли и их влияние на атмосферные процессы.	3	4	2	10	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Физические и химические процессы, влияющие на изменчивость содержания атмосферных газов и аэрозолей	3	4	4	12	Вопросы на лекции	4	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
3	Перенос атмосферных газов и аэрозолей в разных высотных слоях	3	4	4	10	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4

	атмосферы							
4	Роль адвективного переноса изменчивости химического состава атмосферы.	3	4	2	12	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
5	Роль конвективных процессов изменчивости состава атмосферы.	3	4	4	10	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
6	Численное моделирование адвективного переноса атмосферных примесей в земной атмосфере.	3	4	4	12	Вопросы на лекции	6	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
7	Численное моделирование конвективного переноса атмосферных примесей в земной атмосфере.	3	2	4	10	Вопросы на лекции	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1
8	Влияние особенностей атмосферной циркуляции на формирование длительных изменений погоды и климата	3	2	4	12	Вопросы на лекции	6	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
<b>ИТОГО:</b>			<b>28</b>	<b>28</b>	<b>88</b>		<b>18</b>	

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### 4.2.1. Атмосферные газы и аэрозоли и их влияние на атмосферные процессы.

Состав атмосферы. Основные газы атмосферы. Малые газы атмосферы. Их значимость, экологические проблемы с ними связанные. Пространственные и временные масштабы изменчивости малых газов атмосферы;

### 4.2.2. Физические и химические процессы, влияющие на изменчивость содержания атмосферных газов и аэрозолей.

Фундаментальные законы физики и химии, лежащие в основе моделей состава атмосферы. Математическое описание изменчивости содержания атмосферных газов. Методы

конечно-разностной аппроксимации дифференциальных уравнений, описывающих изменение содержания атмосферных газов. Глобальные и региональные модели состава атмосферы..

#### ***4.2.3. Перенос атмосферных газов и аэрозолей в разных высотных слоях атмосферы.***

Особенности переноса малых газов в тропосфере, стратосфере и мезосфере. Процессы переноса в глобальном и региональном масштабах. Общая циркуляция атмосферы и ее влияние на атмосферные примеси. Бризовая циркуляция и ее влияние на атмосферные примеси.

#### ***4.2.4. Роль адвективного переноса в изменчивости химического состава атмосферы.***

Уравнение баланса атмосферных примесей на основе рассмотрения адвективного переноса. Поточковая и адвективная форма уравнений баланса. Расширенное уравнение баланса атмосферных примесей. Сравнение влияния местных процессов и адвективного переноса на баланс атмосферных примесей.

#### ***4.2.5. Роль конвективных процессов в изменчивости состава атмосферы.***

Конвективные процессы в тропосфере и нижней стратосфере. Влияние конвективных процессов на перенос атмосферных газов и аэрозолей. Времена жизни и переноса атмосферных газов. Сравнение характерных времен переноса вертикальными процессами.

#### ***4.2.6. Численное моделирование адвективного переноса атмосферных примесей в земной атмосфере.***

Методы конечно-разностной аппроксимации дифференциальных операторов адвективного переноса атмосферных примесей. Ошибки аппроксимации. Эйлеровы и Лагранжевы методы решения уравнения адвекции. Поточковый подход к решению уравнения адвекции.

#### ***4.2.7. Численное моделирование конвективного переноса атмосферных примесей в земной атмосфере.***

Взаимосвязь изменений состава атмосферы и климата. Глобальные химико-климатические модели для описания одновременного изменения климата и состава атмосферы. Методы стыковки моделей общей циркуляции и газового состава атмосферы. Исследование обратных связей в химико-климатических моделях. Сценарии моделирования влияния малых газов на изменения климата.

#### ***4.2.8. Влияние особенностей атмосферной циркуляции на формирование длительных изменений погоды и климата***

Взаимодействие физических и химических процессов в региональном масштабе. Влияние состава атмосферы на численный прогноз погоды. Интегрированное моделирование одновременного изменения погоды и качества воздуха. Модели химической погоды. Онлайн и офлайн взаимодействие моделей численного прогноза погоды и качества воздуха. Моделирование влияния опасных явлений погоды на изменения состава атмосферы.

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Перевод единиц измерения содержания малых газов в атмосфере ин.	Практическая работа	ОПК-4,
2	2	Простейшая модель переноса малых газов в атмосфере.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5
3	3	Аппроксимация производных и уравнений с частными производными.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1
4	4	Повышение точности конечно-разностных аналогов производных.	Практическая работа	ОПК-4, ПК-1
5	5	Схемы интегрирования по времени.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1,
6	6	Решение нелинейного уравнения адвекции переноса газов.	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1

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. Почему большинство атмосферных газов называются малыми?
2. Какие основные экологические проблемы связаны с малыми газами атмосферы?
3. В чем разница процессов, влияющих на распределение малых газов в тропосфере и стратосфере??
4. Какие фундаментальные законы определяют уравнения переноса газов в атмосфере?
5. Из каких принципов определяется уравнение баланса атмосферных газов в земной атмосфере?
6. В чем состоит расширение уравнений баланса атмосферных газов?
7. Какова роль атмосферных диффузии и турбулентности в переносе атмосферных газов?
8. Какие горизонтальные и вертикальные системы координат применяются при изучении распределения и изменчивости газового состава 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 общее содержание озона при заданном вертикальном распределении его отношения смеси, температуры воздуха и давления.
2. Вычислить скорость гетерогенного разрушения озона при заданном среднем радиусе аэрозоля, его концентрации и химического состава.
3. Какие преимущества и недостатки использования потоковых и адвективных подходов решения уравнений баланса атмосферных примесей?
4. Как можно учесть процессы подсеточного масштаба при решении уравнений баланса атмосферных примесей.
5. Как применяется метод расщепления при решении уравнений баланса атмосферных примесей?
6. Описать особенности переноса газовых и аэрозольных примесей в атмосфере.

## **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. Алоян 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. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 416 с.
2. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его изменения. С-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. 288 с.

3. Brasseur G., Orlando J.J., Tyndall G.S. Atmospheric chemistry and global change – Oxford University Press, 1999.
4. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 192 с.
5. Хргиан А.Х. Физика атмосферного озона. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 296 с.
6. Seinfeld J. Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change. – J.Wiley & sons, Inc., New Jersey, USA, 2006.
7. 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.cspo.odu.edu/SEES/ozone/oz\\_class.htm](http://www.cspo.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 №1-6)	<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 №1-6)	<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/dwn/apogor/Динамика/">http://ra.rshu.ru/mps/dwn/apogor/Динамика/</a> <a href="http://ra.rshu.ru/mps/dwn/apogor/Нелинейные_процессы/">http://ra.rshu.ru/mps/dwn/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-assisim">http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assisim</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.