

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

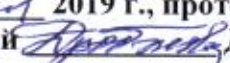
Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Моделирование атмосферных
процессов»

 Анискина О.Г.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
11.06 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 «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 – Прикладная метеорология.

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 к логическому мышлению, обобщению, анализу, систематизации профессиональных знаний и умений, а также закономерностей исторического, экономического и общественно-политического развития
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 анализировать и интерпретировать данные натурных и

	лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
ОПК-5	Готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.
ПК-1	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.

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
Второй этап (уровень) ОПК-3	Владеть: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Не владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Слабо владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Хорошо владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Уверенно владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования

					атмосферных процессов.
Уметь: — разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; — аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; — анализировать ошибки конечно-разностных схем; — осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике. - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.	Не умеет: — разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; — аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; — анализировать ошибки конечно-разностных схем; — осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике. - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.	Затрудняется: — разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; — аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; — анализировать ошибки конечно-разностных схем; — осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике. - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.	Хорошо умеет: — разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; — аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; — анализировать ошибки конечно-разностных схем; — осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике. - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.	Умеет свободно: — разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; — аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; — анализировать ошибки конечно-разностных схем; — осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике. - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.	

	Знать:	Не знает:	Плохо знает:	Описывает спомощью преподавателя:	Свободно описывает:
	<p>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</p> <p>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</p> <p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <p>– методы анализа конечно-разностных схем;</p> <p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>- методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>	<p>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</p> <p>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</p> <p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <p>– методы анализа конечно-разностных схем;</p> <p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>- методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>	<p>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</p> <p>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</p> <p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <p>– методы анализа конечно-разностных схем;</p> <p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>- методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>	<p>преподавателя:</p> <p>– - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</p> <p>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</p> <p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <p>– методы анализа конечно-разностных схем;</p> <p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>- методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>	<p>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</p> <p>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</p> <p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <p>– методы анализа конечно-разностных схем;</p> <p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>- методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>

Второй этап (уровень) ОПК-5	Владеть: — методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; — методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; — методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. - методикой организации проведения численных экспериментов и анализа их результатов.	Не владеет: — - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; — методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; — методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. - методикой организации проведения численных экспериментов и анализа их результатов.	Слабо владеет: — - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; — методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; — методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. - методикой организации проведения численных экспериментов и анализа их результатов.	Хорошо владеет: — - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; — методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; — методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. - методикой организации проведения численных экспериментов и анализа их результатов.	Уверенно владеет: — - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; — методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; — методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. - методикой организации проведения численных экспериментов и анализа их результатов.

	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; – анализировать ошибки конечно-разностных схем; – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике; - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований. 	<p>Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; – анализировать ошибки конечно-разностных схем; – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике; - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований. 	<p>Слабо умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; – анализировать ошибки конечно-разностных схем; – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике; - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований. 	<p>Хорошо умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; – анализировать ошибки конечно-разностных схем; – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике; - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований. 	<p>Умеет свободно:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; – анализировать ошибки конечно-разностных схем; – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике; - подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.
	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; – системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании; – методы аппроксимации уравнений с помощью конечных 	<p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; – системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании; – методы аппроксимации уравнений с помощью конечных 	<p>Плохо знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; – системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании; – методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ; 	<p>Хорошо знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; – системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании; – методы аппроксимации уравнений с помощью конечных 	<p>Отлично знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; – системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании; – методы

	<p>разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. - методики и средства решения поставленных задач. 	<p>разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. - методики и средства решения поставленных задач. 	<ul style="list-style-type: none"> – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. - методики и средства решения поставленных задач. 	<p>разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. - методики и средства решения поставленных задач. 	<p>аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. - методики и средства решения поставленных задач.
<p>Второй этап (уровень) ПК-1</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. 	<p>Не владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. 	<p>Слабо владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. 	<p>Хорошо владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов. 	<p>Отлично владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.

	<p>конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. -основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. -основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. -основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. -основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>разностей ; – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. -основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>
<p>Второй этап (уровень) ОК-1</p>	<p>Владеть: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p>	<p>Не владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p>	<p>Слабо владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического</p>	<p>Хорошо владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных</p>	<p>Уверенно владеет: - навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»; -методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет; – методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в</p>

	– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.
Второй этап (уровень) ОК-2	Владеть: -навыками работы с электронными базами данных; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Не владеет: -навыками работы с электронными базами данных; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Слабо владеет: -навыками работы с электронными базами данных; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Слабо владеет: -навыками работы с электронными базами данных; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Свободно владеет: -навыками работы с электронными базами данных; – методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; – методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.
	Уметь: – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	Не умеет: – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	Затрудняется: – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	Хорошо умеет: – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	Отлично умеет: – осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.
	Знать: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе	Не знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе	Плохо знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе	Хорошо знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе	Отлично знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического

	уравнений гидротермодинамики атмосферы;	уравнений гидротермодинамики атмосферы;	уравнений гидротермодинамики атмосферы;	уравнений гидротермодинамики атмосферы;	прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;
--	---	---	---	---	---

Второй этап (уровень) ОК-2	Владеть: -навыками работы с электронными базами данных; - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; - методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; - методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Не владеет: -навыками работы с электронными базами данных; - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; - методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; - методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Слабо владеет: -навыками работы с электронными базами данных; - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; - методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; - методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Слабо владеет: -навыками работы с электронными базами данных; - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; - методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; - методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	Свободно владеет: -навыками работы с электронными базами данных; - методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений; - методикой обработки результатов гидродинамического моделирования; - методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.
	Уметь: - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; - аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; - анализировать ошибки конечно-разностных схем;	Не умеет: - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; - аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; - анализировать ошибки конечно-разностных схем;	Затрудняется: - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; - аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; - анализировать ошибки конечно-разностных схем; - осмысленно	Хорошо умеет: - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; - аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; - анализировать ошибки конечно-разностных схем;	Отлично умеет: - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; - аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями; - анализировать ошибки конечно-разностных схем;

	– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.	– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.
	Знать: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; –	Не знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; –	Плохо знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; –	Хорошо знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; –	Отлично знает: – физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы; –

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

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

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 Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1	Атмосферные газы и аэрозоли и их влияние на атмосферные процессы.	3	4	0	12	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
2	Физические и химические процессы, влияющие на изменчивость содержания атмосферных газов и аэрозолей	3	4	8	10	Вопросы на лекции	4	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
3	Перенос атмосферных газов и аэрозолей в разных высотных слоях	3	4	4	12	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5

	атмосферы.							ПК-1
4	Роль адвективного переноса в изменчивости химического состава атмосферы.	3	2	6	10	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
5	Роль конвективных процессов в изменчивости состава атмосферы.	3	4	4	12	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
6	Численное моделирование адвективного переноса атмосферных примесей в земной атмосфере.	3	2	6	10	Вопросы на лекции	6	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
7	Численное моделирование конвективного переноса атмосферных примесей в земной атмосфере.	3	4	0	12	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
8	Влияние особенностей атмосферной циркуляции на формирование длительных изменений погоды и климата	3	4	0	10	Вопросы на лекции	6	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
ИТОГО:			28	28	88		18	

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. Поточная 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. Эйлера и Лагранжевы методы решения уравнения адвекции. Поточный 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

№	№ раздела	Тематика занятий	Форма	Формируемые
----------	------------------	-------------------------	--------------	--------------------

п/п	дисциплины		проведения	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	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
3	3	Аппроксимация производных и уравнений с частными производными.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
4	4	Повышение точности конечно-разностных аналогов производных.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
5	5	Схемы интегрирования по времени.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
6	6	Решение нелинейного уравнения адвекции переноса газов.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 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.
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

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
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
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
Лекции (темы №1-8)	<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 №2-6)	<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>
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 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 http://elib.rshu.ru</p> <p>3. Использование сайта кафедры метеорологических прогнозов: http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/apogor/Динамика/ http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/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-assim</p> <p>7. Данные ре-анализов UK MET OFFICE http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/index</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.