

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ  
ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ**

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 июля 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 формирования и эволюции химического загрязнения атмосферы» 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 изменчивости качества воздуха, определяемого содержанием химически активных газов и аэрозолей.

Основной задачей дисциплины является ознакомление будущих магистров

- с основными методами численного моделирования процессов образования и трансформации атмосферных газов и аэрозолей в нижней атмосфере;
- с процессами влияния химического состава атмосферы на качество воздуха;
- с особенностями одновременного изменения погоды и химического состава нижней атмосферы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численное моделирование формирования и эволюции химического загрязнения атмосферы» 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 формирования и эволюции химического загрязнения атмосферы» 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.

<b>ОПК-3</b>	Способность анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
<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 формирования и эволюции химического загрязнения атмосферы» обучающийся должен:

Знать:

- научное состояние проблемы контроля и прогноза содержания химически активных газовых и аэрозольных примесей в нижней атмосфере;
- методы научных исследований в области численного моделирования изменчивости качества воздуха;
- методику решения диагностических и прогностических задач изменчивости качества воздуха.

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 изменчивости качества воздуха;
- пользоваться численными моделями состава нижней атмосферы;
- составлять научные отчеты и статьи о постановке, методах, результатах и практических приложениях научных исследований;
- проводить численные эксперименты по моделированию изменчивости качества воздуха.

Владеть:

- современными методами численного прогноза погоды и качества воздуха;
- способами учета взаимодействия физических и химических процессов в нижней атмосфере.

Иметь представление

о состоянии научной проблемы изменения качества воздуха 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 формирования и эволюции химического загрязнения атмосферы» 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
<b>Второй этап (уровень) ОПК-3</b>	<b>Владеть:</b> - 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.	<b>Не владеет:</b> - 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.	<b>Слабо владеет:</b> - 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.	<b>Хорошо владеет:</b> - 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.	<b>Уверенно владеет:</b> - 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



	<b>Знать:</b>	<b>Не знает:</b>	<b>Плохо знает:</b>	<b>Описывает спомощью преподавателя:</b>	<b>Свободно описывает:</b>
	<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. - 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. - 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. - методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>	<p><b>преподавателя:</b></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. - 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. - методику организации проведения численных экспериментов, анализа их результатов.</p>

<b>Второй этап (уровень) ОПК-5</b>	<b>Владеть:</b> — 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.	<b>Не владеет:</b> — - 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.	<b>Слабо владеет:</b> — - 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.	<b>Хорошо владеет:</b> — - 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.	<b>Уверенно владеет:</b> — - 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><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике;</li> <li>- подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.</li> </ul>	<p><b>Не умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике;</li> <li>- подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.</li> </ul>	<p><b>Слабо умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике;</li> <li>- подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.</li> </ul>	<p><b>Хорошо умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике;</li> <li>- подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.</li> </ul>	<p><b>Умеет свободно:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике;</li> <li>- подготовить отчёты, обзоры, публикации по результатам научных исследований.</li> </ul>
	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с</li> </ul>	<p><b>Не знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с</li> </ul>	<p><b>Плохо знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</li> </ul>	<p><b>Хорошо знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с</li> </ul>	<p><b>Отлично знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– - физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, использующиеся в гидродинамическом моделировании;</li> </ul>

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

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

	<p>помощью конечных разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</li> <li>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</li> </ul> <p>-основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>помощью конечных разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</li> <li>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</li> </ul> <p>-основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</li> <li>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</li> </ul> <p>-основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>помощью конечных разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</li> <li>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</li> </ul> <p>-основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</li> <li>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</li> </ul> <p>-основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>
<p><b>Второй этап (уровень) ОК-1</b></p>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»;</li> <li>-методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>– методикой построения гидродинамических моделей</li> </ul>	<p><b>Не владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»;</li> <li>-методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>– методикой построения гидродинамических моделей</li> </ul>	<p><b>Слабо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»;</li> <li>-методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>– методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</li> </ul>	<p><b>Хорошо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»;</li> <li>-методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> <li>– методикой построения</li> </ul>	<p><b>Уверенно владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной работы с научно-технической литературой, в том числе по дисциплине «Численные методы, используемые в атмосферных моделях»;</li> <li>-методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет;</li> </ul>



	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.</li> </ul>	<p><b>Не умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.</li> </ul>	<p><b>Затрудняется:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.</li> </ul>	<p><b>Хорошо умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.</li> </ul>	<p><b>Отлично умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</li> <li>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</li> <li>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</li> <li>– осмысленно использовать результаты гидродинамического прогноза погоды в синоптической практике.</li> </ul>
	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</li> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при</li> </ul>	<p><b>Не знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</li> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при</li> </ul>	<p><b>Плохо знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</li> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений</li> </ul>	<p><b>Хорошо знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</li> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> <li>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими</li> </ul>	<p><b>Отлично знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;</li> <li>– системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;</li> <li>– методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;</li> <li>– методы анализа конечно-разностных схем;</li> </ul>

	<p>интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p>	<p>интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p>	<p>гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p>	<p>при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p>	<p>– способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p>
--	---	---	--	---	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2019 г. набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144 часа</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>32</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

№ 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 нижней атмосферы и их экологическая роль.	3	4	2	10	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 в нижней атмосфере.	3	4	2	12	Вопросы на лекции	4	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
3	Влияние локальных процессов на	3	4	4	10	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3

	изменение качества воздуха.							ОПК-5 ПК-1
4	Роль атмосферного переноса изменчивости качества воздуха.	3	4	4	12	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
5	Роль вертикального переноса изменчивости качества воздуха.	3	2	4	10	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
6	Численное моделирование локальных процессов изменения химического состава нижней атмосферы.	3	4	4	12	Вопросы на лекции	6	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
7	Численное моделирование влияния атмосферного переноса на изменение качества воздуха.	3	4	4	10	Вопросы на лекции	2	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
8	Влияние глобальных процессов на изменение качества воздуха..	3	2	4	12	Вопросы на лекции	6	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
<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 нижней атмосферы и их экологическая роль.

Малые газы нижней атмосферы. Их влияние на качество воздуха, 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. Физические и химические процессы, влияющие на изменчивость содержания атмосферных газов и аэрозолей в нижней 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.

#### ***4.2.3. Влияние локальных процессов на изменение качества воздуха.***

Особенности химических процессов в районах с интенсивными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Создание сжатых схем химических реакций для зон с интенсивным загрязнением. Методы моделирования перераспределения атмосферных газов в региональном масштабе. 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.

#### ***4.2.4. Роль атмосферного переноса в изменчивости качества воздуха.***

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.

#### ***4.2.5. Роль вертикального переноса в изменчивости качества воздуха.***

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.

#### ***4.2.6. Численное моделирование локальных процессов изменения химического состава нижней атмосферы.***

Применение принципов химической кинетики к атмосферным химическим процессам. Столкновительная теория химических процессов в атмосфере. Параметризация трехмолекулярных процессов в уравнении баланса газов. Параметризация процессов мономолекулярного распада. 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.

#### ***4.2.7. Численное моделирование влияния атмосферного переноса на изменение качества воздуха.***

Численное решение уравнений баланса газовых примесей. Метод шагов по времени. Временные масштабы и времена жизни атмосферных газов. 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.

#### ***4.2.8. Влияние глобальных процессов на изменение качества воздуха.***

Взаимодействие физических и химических процессов в региональном и глобальном масштабах. 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 в глобальном и региональном масштабах. 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	Аппроксимация производных и уравнений с частными производными.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
2	2	Решение уравнений химической кинетики.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
3	3	Аппроксимация уравнений модели переноса газов в региональном масштабе.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
4	4	Практическое использование оффлайновых и онлайн-схем моделирования качества воздуха.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
5	5	Схемы расщепления физических и химических процессов.	Практическая работа	ОК-1 ОК-2 ОПК-3 ОПК-5 ПК-1
6	6-8	Решение уравнений изменения качества воздуха.	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. *Как малые газы атмосферы влияют на качество воздуха?*
2. *Какие основные процессы влияют на изменение качества воздуха?*
3. *В чем разница влияния газов и аэрозолей на качество воздуха?*
4. *Какие фундаментальные законы определяют уравнения изменения качества воздуха?*
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 качество воздуха?*
8. *Как глобальные процессы могут повлиять на локальное качество воздуха?*

#### 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 загрязнителей при заданных отношениях смеси.
2. Оценить время жизни первичных загрязнителей атмосферы.
3. Рассчитать скорость образования вторичных загрязнителей при заданных концентрациях первичных загрязнителей атмосферы?
4. Оценить вертикальное перемешивание первичных загрязнителей при заданных коэффициентах турбулентности.
5. Сравнить атмосферный перенос коротко и долгоживущих загрязнителей.
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. 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. 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 (темы №1-8)</b>	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий, 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 (темы №1-8)</b>	<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 1-8	<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>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/documents/MERRA_File_Specification.pdf">http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/documents/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</p>

	2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	<a href="http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/ind">http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/ind</a> 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.

