

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

Кафедра Метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению
подготовки

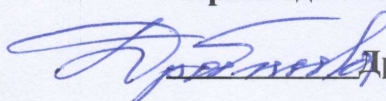
05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

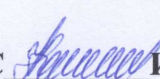
Направленность (профиль):
Прикладная метеорология

Квалификация:
Магистр

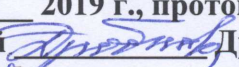
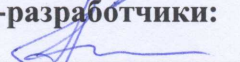
Форма обучения
Очная/Заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»


Дробжева Я.В..

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:
 Анискина О.Г.

Санкт-Петербург 2019

Составил:

Анискина О.Г. – к.ф.-м.н., доцент кафедры метеорологических прогнозов
Российского государственного гидрометеорологического университета.

© О.Г.Анискина, 2019
© РГГМУ, 2019

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Моделирование природных процессов» - подготовка магистров по направлению «Прикладная гидрометеорология», обучающихся по профилю «Прикладная метеорология», владеющих знаниями в объёме, необходимом для глубокого понимания принципов построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, способных создавать гидродинамические модели атмосферных процессов и грамотно использовать результаты моделирования.

Основные задачи дисциплины «Моделирование природных процессов» связаны с освоением:

- физических основ построения гидродинамических моделей атмосферы,
- теоретических принципов разработки и функционирования гидродинамических моделей атмосферы,
- численных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- основ применения результатов гидродинамического моделирования при составлении оперативных прогнозов погоды.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование природных процессов» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – Прикладная метеорология относится к дисциплинам базовой части общепрофессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин бакалавриата: «Физика», «Информатика», «Вычислительная математика», «Математика (теория вероятности и статистика)», «Геофизика», «Иностранный язык», «Численные методы математического моделирования», «Дополнительные главы параметризаций физических процессов», «Вихревая динамика», «Ассимиляция данных гидродинамическими моделями». Также для освоения данной дисциплиной необходимы знания дисциплин: «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии», «Специальные главы «Физики атмосферы, океана и вод суши», «Специальные главы статистического анализа процессов и полей» и др.

Параллельно с дисциплиной «Моделирование природных процессов» изучаются: «Дистанционные методы исследования природной среды», «Технические аспекты гидродинамического моделирования», «Усвоение данных наблюдений за гидродинамическими моделями».

Дисциплина «Моделирование природных процессов» является базовой для проведения научно-исследовательской работы, преддипломной практики. Знания, полученные в ходе изучения данной дисциплины, могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы магистра.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОПК-4	Способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять

	результаты исследований.
ОПК-5	Готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.
ПК-1	Понимание и творческим использованием в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин.
ПК-4	Готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах.

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Моделирование природных процессов» обучающийся должен:

Знать:

- физическую и математическую постановку задачи гидродинамического прогноза погоды на основе уравнений гидротермодинамики атмосферы;
- системы координат, используемые в гидродинамическом моделировании;
- методы аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ;
- методы анализа конечно-разностных схем;
- способы борьбы с вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами;
- численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.

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.

Владеть:

- методикой построение гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;
- методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;
- методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Моделирование природных процессов» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенц ии	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 минимальный	4 базовый	5 продвинутый
Второй этап (уровень) ОПК-4	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.

<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>Затрудняется:</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 разностей ; – методы анализа конечно-разностных схем; 	<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 разностей ; – методы анализа конечно-разностных схем; 	<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 ; – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с 	<p>Описывает спомощью преподавателя:</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 ; – методы анализа 	<p>Свободно описывает:</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 ; – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с вычислительными ошибками,

<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 разностей ; – методы анализа 	<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 разностей ; – методы анализа 	<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 ; – методы анализа конечно-разностных схем; 	<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 разностей ; – методы анализа 	<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 аппроксимации уравнений с помощью конечных разностей ; – методы анализа конечно-разностных схем; – способы борьбы с

	<p>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> <p>3(ОПК-5)-I</p>	<p>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>	<p>– 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>	<p>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>	<p>вычислительными ошибками, возникающими при интегрировании уравнений гидротермодинамики атмосферы численными методами; – численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей. - методики и средства решения поставленных задач.</p>
<p>Второй этап (уровень) ПК-1</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>Отлично 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.</p>
	<p>Уметь: – разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать</p>	<p>Не умеет: – - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать</p>	<p>Слабо умеет: – - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать</p>	<p>Хорошо умеет: – - разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать</p>	<p>Отлично умеет: – разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды; – аппроксимировать уравнения в частных</p>

	<p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>– основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>– основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>– основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>методами;</p> <p>– численные методы интегрирования уравнений прогностических моделей.</p> <p>– основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>	<p>прогностических моделей.</p> <p>– основные принципы численного и физико-статистического моделирования процессов атмосферы.</p>
<p>Второй этап (уровень) ПК-4</p>	<p>Владеть:</p> <p>– навыками работы с электронными базами данных;</p> <p>– методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p> <p>– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;</p> <p>– методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.</p>	<p>Не владеет:</p> <p>– навыками работы с электронными базами данных;</p> <p>– методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p> <p>– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;</p> <p>– методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.</p>	<p>Слабо владеет:</p> <p>– навыками работы с электронными базами данных;</p> <p>– методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p> <p>– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;</p> <p>– методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.</p>	<p>Слабо владеет:</p> <p>– навыками работы с электронными базами данных;</p> <p>– методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p> <p>– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;</p> <p>– методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.</p>	<p>Свободно владеет:</p> <p>– навыками работы с электронными базами данных;</p> <p>– методикой построения гидродинамических моделей атмосферы в целом и отдельных атмосферных процессов и явлений;</p> <p>– методикой обработки результатов гидродинамического моделирования;</p> <p>– методами визуализации результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов.</p>
	<p>Уметь:</p> <p>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</p> <p>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</p> <p>– анализировать ошибки конечно-разностных</p>	<p>Не умеет:</p> <p>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</p> <p>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</p> <p>– анализировать ошибки конечно-разностных</p>	<p>Затрудняется:</p> <p>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</p> <p>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</p> <p>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</p>	<p>Хорошо умеет:</p> <p>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</p> <p>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</p> <p>– анализировать ошибки конечно-разностных</p>	<p>Отлично умеет:</p> <p>– разрабатывать алгоритмы гидродинамического прогноза погоды;</p> <p>– аппроксимировать уравнения в частных производных конечными разностями;</p> <p>– анализировать ошибки конечно-разностных схем;</p>

4.1 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2019 г. набора	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	36	
в том числе:		
лекции	28	
практические занятия	28	
лабораторные занятия	-	
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	88	
в том числе:		
курсовая работа	-	
контрольная работа	-	
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	экзамен	

4.2 Содержание разделов дисциплины

Очное обучение
2019 г. набора

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час	Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа			
1	Моделирование и модели. Основные понятия. Классификация.	3	2	2	0	8	Собеседование	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
2	Гидродинамическое моделирование природных процессов	3	4	4	0	8	Собеседование	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4
3	Полулагранжевы и	3	2	2	0	8	Собеседование	0	ОПК-4

	лагранжев подходы решению уравнений гидродинамики	к								ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
4	Регулярные нерегулярные сетки, используемые моделировании природных процессов	и в	3	2	2	0	8	Собеседование	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
5	Численные методы, используемые моделировании природных процессов	в	3	4	4	0	8	Собеседование	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
6	Повышение порядка точности аппроксимации уравнений		3	2	2	0	8	Собеседование	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
7	Консервативные, монотонные квази-монотонные конечно- разностные схемы	и	3	2	2	0	8	Собеседование	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
8	Гидродинамичес- кие модели при- родных процессов		3	2	2	0	8	Собеседование	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
9	Метод конечных элементов		3	2	2	0	8	Собеседование	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
10	Предсказуемость природных процессов		3	2	0	0	8	Собеседование	2	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
11	Параметризация процессов математических моделях природных процессов	в	3	4	4	0	8	Собеседование Итоговое тестирование	0	ОПК-4 ОПК-5 ПК-1 ПК-4	
				28	28	0	88		12		
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена								144 часов			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Моделирование и модели. Основные понятия. Классификация.

Определение модели. Определение моделирования. Классификация моделей. Типы моделей. Характеристики моделей. Природные процессы, при исследовании которых используется моделирование. Этапы построения моделей. Качества моделей и моделирования. Валидация. Верификация.

4.2.2 Гидродинамическое моделирование природных процессов

Основные положения математического моделирования природных процессов. Уравнения, используемые в моделях природных процессов. Методы решения уравнений гидродинамики природных процессов. Принципиальная схема математической модели. Детерминированный прогноз. Постановка начальных условий. Постановка граничных условий.

4.2.3 Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики

Переменные Лагранжа. Уравнения в лагранжевых переменных. Методы определения начальной точки траектории. Методы определения конечной точки траектории. Явный, неявный и полунявный алгоритмы решения уравнений в лагранжевых переменных. Модели переноса. Применение лагранжевых переменных в экологических задачах. Обратные задачи.

4.2.4 Регулярные и нерегулярные сетки, используемые в моделировании природных процессов

Регулярные и нерегулярные сетки. Проблема полюсов в глобальных моделях в сферической системе координат. Сетка Курихары. Икосаэдральная сетка. Адаптивные сетки. Методы непрерывной динамической адаптации сеток. Сетка Инь-Янь. Сетки Гаусса. Аппроксимация сферы кубом.

4.2.5 Численные методы, используемые в моделировании природных процессов

Спектральные методы. Спектрально-сеточные методы. Конечно-разностные методы. Методы расщепления. Бокс-метод. Фильтрация и сглаживание в моделях природных процессов. Базисные функции, используемые в моделях природных процессов (тригонометрические функции, сферические функции, полиномы Лежандра, полиномы Чебышева, естественные ортогональные функции, вейвлет анализ). Нейросетевые алгоритмы в моделях природных процессов.

4.2.6 Повышение порядка точности аппроксимации уравнений

Методика повышения порядка точности. Повышение порядка точности за счёт привлечения дополнительных узлов сетки. Схемы Рунге-Кутты разного порядка точности. Псевдоспектральный подход расчёта производных. Компактные схемы аппроксимации.

4.2.7 Консервативные, монотонные и квазимоноотонные конечно-разностные схемы

Основные подходы к построению консервативных схем. Повышение устойчивости конечно-разностных алгоритмов при помощи консервативных схем. Понятия монотонности и квази-монотонности. Основные подходы к построению монотонных схем. Схема Смоляркевича Схемы коррекции потоков. TVD- схемы. Различные ограничители в TVD- схемах. Схема кабаре.

4.2.8 Гидродинамические модели природных процессов

Модели атмосферы. Модели океана. Модели озёр. Модели в гидрологии. Модели Земной системы. Модели человеческого общества. Модели в экономике. Модели биосферы.

4.2.9 Метод конечных элементов

Основные положения метода конечных элементов. Триангуляция. Базисные функции. Кусочно-линейные функции. Функции – крышки. Решение методом конечных элементов уравнений модели «мелкой воды».

4.2.10 Предсказуемость природных процессов

Определение предсказуемости природных процессов. Предел предсказуемости. Причины существования предела предсказуемости. Постановка начальных условий. Показатель Харста. Аттракторы.

4.2.11 Параметризация процессов в математических моделях природных процессов

Подсеточные процессы. Понятие параметризации. Этапы создания схем параметризаций. Процессы, параметризуемые в моделях.

4.3. Практические занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Моделирование и модели. Основные понятия. Классификация.	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
2	2	Гидродинамическое моделирование природных процессов	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
3	3	Полулагранжев и лагранжев подходы к решению уравнений гидродинамики	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
4	4	Регулярные и нерегулярные сетки, используемые в моделировании природных процессов	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
5	5	Численные методы, используемые в моделировании природных процессов	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
6	6	Повышение порядка точности аппроксимации уравнений	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
7	7	Консервативные, монотонные и квазимоноотонные конечно-разностные схемы	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
8	8	Гидродинамические модели при-	Практическая	ОПК-4, ОПК-5

		родных процессов	работа	ПК-1, ПК-4
		Метод конечных элементов	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4
		Предсказуемость природных процессов	Практическая работа	ОПК-4, ОПК-5 ПК-1, ПК-4
		Параметризация процессов в математических моделях природных процессов	Практическая работа	ОКП-4, ОКП-5 ПК-1, ПК-4

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

5.1. Текущий контроль

5.1.1. Собеседование.

5.1.2. Итоговое тестирование по всем разделам дисциплины.

а) Образцы заданий текущего контроля

Примеры вопросов для собеседования

Раздел 1. Моделирование и модели. Основные понятия. Классификация.

1. Что такое модель?
2. Какие модели бывают?
3. Насколько точно модель описывает природный процесс?
4. Как определяется качество моделей?
5. Что такое верификация?

Образцы вопросов для тестирования.

1. Какой из перечисленных конечно-разностных аналогов производной обладает наивысшим порядком точности?

- а) направленные разности вперёд
- б) направленные разности назад
- в) центральные разности
- г) несимметричные разности

2. Что такое дискретное пространство?

- а) Это физическое пространство, в котором задана совокупность точек
- б) Это пространство, разделённое на отрезки неопределённой длины
- в) Это фазовое пространство
- г) Это пространство, в котором производят синоптическое наблюдения на станциях

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Выполнение рефератов и докладов по данной дисциплине не предусмотрено.

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, базовый учебник [1].

Студенты заочной формы обучения выполняют контрольную работу, пользуясь методическими указаниями.

Выполнение работы проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

5.3. Промежуточный контроль: экзамен

Перечень вопросов к экзамену

1. Определение модели и моделирования. Классификация моделей.
2. Типы моделей. Характеристики моделей.
3. Природные процессы, при исследовании которых используется моделирование.
4. Этапы построения моделей.
5. Качества моделей и моделирования. Валидация. Верификация.
6. Регулярные и нерегулярные сетки.
7. Проблема полюсов в глобальных моделях, использующих сферическую систему координат. Решение проблемы.
8. Сетки, используемые в современных моделях.
9. Конечно-разностные схемы, используемые при решении уравнений гидродинамических моделей.
10. Понятия монотонности и квази-монотонности.
11. Модели Земной системы. Основные положения. Составные части, взаимодействие.
12. Основные положения метода конечных элементов.
13. Кусочно-линейные базисные функции и их использование в моделях природных процессов.
14. Определение предсказуемости природных процессов.
15. Причины существования предела предсказуемости.
16. Показатель Харста.
17. Аттракторы.
18. Основные численные методы, используемые в моделях природных процессов.
19. Основные понятия теории разностных схем.
20. Основные понятия спектральных методов решения прогностических уравнений.
21. Основные блоки гидродинамических моделей природных процессов.
22. Основные проблемы, возникающие при гидродинамическом моделировании природных процессов.
23. Эйлеров подход к описанию адвекции.
24. Лагранжев подход к описанию адвекции.
25. Полулагранжев подход к описанию адвекции.
26. Методы определения начальной точки траектории в полулагранжевом описании адвекции.
27. Спектральный подход к решению уравнений гидродинамики природных процессов.

28. Спектрально-сеточный подход к решению уравнений гидродинамики природных процессов.
29. Процессы, подлежащие параметризации.
30. Подготовка начальных данных для гидродинамических моделей природных процессов.

Образцы экзаменационных билетов для экзамена в 3-м учебном семестре.

Экзаменационный билет № 1

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Кафедра Метеорологических прогнозов

Дисциплина: Моделирование природных процессов

1. Определение модели и моделирования. Классификация моделей.
2. Полулагранжев подход к описанию адвекции.

Заведующий кафедрой МП _____ Дробжева Я.В.

Экзаменационный билет № 2

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

Кафедра Метеорологических прогнозов

Дисциплина: Моделирование природных процессов

1. Типы моделей. Характеристики моделей.
2. Эйлера подход к описанию адвекции.

Заведующий кафедрой МП _____ Дробжева Я.В.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Хорошевский В. Г. Вычислительные методы, алгоритмы и аппаратно-программный инструментальный параллельного моделирования природных процессов: Монография / Курнос М.Г., Хорошевский В.Г. - Новосиб.:СО РАН, 2012. - 355 с. ISBN 978-5-7692-1237-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=924904>

б) дополнительная литература:

1. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – URL: <http://elibrshu.ru/search/?s=%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B+%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D0%B0+%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B>
2. Белов Н. П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – URL: http://lib.rshu.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108

3. Репинская Р. П. , Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2002 - Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf

4. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1977.

5. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеиздат, 1982.

6. Клемин, В. В. Динамика атмосферы Воен.-косм. акад. им. А. Ф. Можайского ; В. В. Клёмин, Ю. В. Кулешов, С. С. Суворов, Ю. Н. Волконский ; [под общ. ред. С. С. Суворова и В. В. Клёмина]. - Санкт-Петербург: Наука, 2013. - 420 с. <http://нэб.пф> <http://нэб.пф/search/?q=Динамика+атмосферы++&c%5B%5D=4&c%5B%5D=5&c%5B%5D=7&c%5B%5D=3&c%5B%5D=6&c%5B%5D=2&c%5B%5D=9>

в) рекомендуемые интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система: <http://znanium.com>

2. Электронный ресурс: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/numerical-weather-prediction>

3. Электронный ресурс: NOAA National Centers For Environmental Information: http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp

4. Электронный ресурс: Met Office Numerical Weather Prediction models: <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>

5. Электронный ресурс: Numerical Weather Prediction NWP: <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>

6. Электронный ресурс: <http://ra.rshu.ru/mp>

г) программное обеспечение

windows 7 47049971 18.06.2010

office 2013 62398416 11.09.2013

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).

.

д) профессиональные базы данных

база данных Web of Science

база данных Scopus

электронно-библиотечная система elibrary

е) информационные справочные системы:

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>

2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции (разделы №1-11)	<p>Написание конспекта лекций: последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников и общения с преподавателями с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе и в общении с преподавателями.</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 (разделы №1-11)	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников, прежде всего - базового учебника.</p> <p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом.</p>
Индивидуальные задания	<p>Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и анализ вычислительных схем.</p> <p>Разработка программ.</p>
Подготовка к экзамену	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.</p>

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

Раздел дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
№1-11	<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. проведение компьютерного тестирования</p> <p><u>образовательные технологии</u></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/mp</p> <p>4. Система анализа и представления данных GRADS.</p>

	1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	5. Пакет Microsoft Excel, PowerPoint. 6. Компилятор GNU Fortran. 7. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: http://znanium.com
--	--	---

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. Персональный компьютер типа Notebook.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации. Персональный компьютер типа Notebook.
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.